

**UNIVERSIDAD CATÓLICO SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de mejora del proceso de producción en una empresa de  
elaboración de alimento balanceado para disminuir su demanda  
insatisfecha**

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

**AUTOR**

**Jose Leopoldo Demetrio Vasquez Tarrillo**

**ASESOR**

**Annie Mariella Vidarte Llaja**

**<https://orcid.org/0000-0002-8948-2899>**

**Chiclayo, 2025**

**Propuesta de mejora del proceso de producción en una empresa  
de elaboración de alimento balanceado para disminuir su  
demanda insatisfecha**

PRESENTADA POR

**Jose Leopoldo Demetrio Vasquez Tarrillo**

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

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Gabriel Blas Santos Confesor  
PRESIDENTE

Ana María Caballero García  
SECRETARIO

Annie Mariella Vidarte Llaja  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a todas las personas que creyeron en mí, en especial a mis PADRES.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar a Dios y a mi familia, no existen palabras para poder expresar todo lo que siento. También a mi asesora por la paciencia y dedicación en la orientación de mi tesis.

## Propuesta de mejora del proceso de producción en una empresa de elaboración de alimento balanceado para disminuir su demanda insatisfecha

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>20%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>20%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>2%</b> PUBLICACIONES	<b>8%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>downtoearthnw.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>9</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>13</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>13</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>33</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>34</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>35</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>37</b>

## Resumen

La presente investigación se planteó de acuerdo con las necesidades insatisfechas de la demanda, esto fue generado por los trabajos manuales en las etapas de llenado, pesado, cosido y ensacado de la producción. Se buscó disminuir los tiempos de producción, para esto se realizó el diagnóstico del proceso de producción evidenciando que las operaciones llenado, pesado, cosido y almacenado tomaban mucho tiempo en procesar al ser totalmente manuales, se estandarizó los tiempos de producción mediante un estudio de tiempos y movimientos de la mano con Westinghouse y el diagrama de Pareto, obteniendo un tiempo estándar de 176,9 segundos por saco, una producción diaria de 165,3 sacos, la demanda insatisfecha de 67 sacos por día, una productividad de 0,93 sacos por día. Posterior a esto se propuso una automatización en estas etapas obteniendo un tiempo estándar de 125,22 segundos por saco, una producción de 230 sacos por día, la demanda insatisfecha reducida a 0 sacos por día, una productividad de 1,84 sacos por día, también se realizó la evaluación económica de la propuesta y resultó viable, los indicadores mostraron que la propuesta tuvo un VAN de S/385 659,48, un BC de 1,04, TIR de 22,7% y un PRI de 2,08 meses

**Palabras clave:** Automatización, producción, ensacado

### **Abstract**

The present investigation was raised in accordance with the unmet needs of the demand, this was generated by manual work in the filling, weighing, sewing and bagging stages of production. The aim was to reduce production times, for this a diagnosis of the production process was carried out, showing that the filling, weighing, sewing and storing operations took a long time to process as they were completely manual, production times were standardized through a time study. and hand movements with Westinghouse and the Pareto diagram, obtaining a standard time of 176,9 seconds per bag, a daily production of 165,3 bags, unsatisfied demand of 67 bags per day, a productivity of 0,93 bags per day. After this, automation was proposed in these stages, obtaining a standard time of 125,22 seconds per bag, a production of 230 bags per day, unsatisfied demand reduced to 0 bags per day, a productivity of 1,84 bags per day, The economic evaluation of the proposal was also carried out and it was viable, the indicators showed that the proposal had an VAN of S/385 659,48, a BC of 1,04, TIR of 22,7% and a PRI of 2,08 months

**Keywords:** Automation, production, bagging.

## Introducción

Considerando que la alimentación constituye el principal costo operativo en la avicultura (60-70%), la gestión de la calidad del alimento balanceado es un pilar para la rentabilidad y seguridad del negocio. Un producto nutritivo e inocuo es esencial para fomentar un crecimiento saludable en las aves y para entregar al consumidor un producto final con plenas garantías sanitarias. Este enfoque en la calidad del insumo debe ir acompañado de estrictas normas de limpieza y desinfección en toda la cadena productiva, pues un fallo en la inocuidad del alimento puede desencadenar una contaminación en cascada, afectando a las aves y, subsecuentemente, al resto de las instalaciones [1]. Un déficit en la oferta de maíz, materia prima fundamental para la elaboración de alimento balanceado, genera una seria amenaza para la producción avícola y porcina local. La escalada de precios, que eleva el costo del quintal de \$14,60 a \$21 en el mercado no regulado, compromete la sostenibilidad financiera de la industria. Los esfuerzos por estabilizar el suministro mediante la importación de 100,000 toneladas, autorizada por el MAG, resultaron infructuosos por complicaciones logísticas y burocráticas. De no reactivarse esta u otra medida de contingencia, se proyecta una prolongación del problema, con un mercado dominado por la especulación y una constante incertidumbre productiva [2].

Eventos climáticos severos, como la sequía de 2022 y las inundaciones de marzo de 2023, han generado una contracción en la producción agrícola de Perú, especialmente en los sectores de maíz y arroz. El análisis para el año comercial 2023/2024 revela una brecha significativa entre la oferta local y la demanda. Se estima que la producción de maíz alcanzará solo 1.2 MMT, lo que obliga a recurrir a importaciones por un volumen de 3.2 MMT para cubrir el déficit. De manera similar, la demanda de trigo será satisfecha mayoritariamente por vía externa, con importaciones proyectadas en 2.25 MMT. Por su parte, la producción nacional de arroz se pronostica en 2.4 MMT [3]. El índice de precios de alimentos de la FAO evidenció un significativo aumento del 4.3% en el primer mes del año, alcanzando 113.3 puntos, su nivel más alto desde julio de 2014. El alza fue liderada por el índice de cereales (+7.1% mensual), cuyo comportamiento se explica mayormente por la escalada del 11.2% en el precio del maíz, que a su vez registró un 42.3% de incremento interanual. Otros productos básicos como el azúcar (+8.1%) y el trigo (+6.8%) también mostraron importantes incrementos en sus cotizaciones[4]. Entre 2011 y 2020, se consolidó un déficit estructural en la oferta de maíz amarillo de producción nacional. Cifras oficiales indican que mientras la producción interna se contrajo de 1.3 a 1.1 millones de toneladas, las importaciones crecieron un 97.2%, pasando de 1.9 a 3.7 millones de toneladas para compensar la demanda. Esta tendencia resultó en que, para

el año 2020, la producción nacional cubriera apenas el 23% de la demanda, mientras que el 77% restante fue abastecido por producto importado, consolidando una fuerte dependencia del mercado internacional [5].

La problemática de la empresa que está siendo motivo de estudio, se basa en la demanda insatisfecha de alimentos balanceados para animales, el proceso de producción para la elaboración de este alimento es arcaica, esto ocasiona que por limitaciones de la mano de obra no se pueda cumplir con los requerimientos de los clientes o adquisición de nuevos clientes potenciales. Actualmente la empresa cuenta con una producción diaria de 165,4 sacos por día y una demanda insatisfecha de 67 sacos por día, el tiempo estándar por saco es de 176,9 segundos y al mes se pierden 104,2 horas en el proceso de ensacado. Dada la problemática de la empresa se planteó la pregunta de investigación: ¿Cómo mejorar el proceso de producción en una empresa de elaboración de alimento balanceado para disminuir su demanda insatisfecha? Para tal fin se formuló como objetivo general: Proponer la mejora del proceso de producción en una empresa de elaboración de alimento balanceado para disminuir su demanda insatisfecha; y como objetivos específicos: Diagnosticar el proceso de producción en una empresa de elaboración de alimento balanceado para determinar las causas de su demanda insatisfecha, elaborar la propuesta de mejora del proceso de producción en una empresa de elaboración de alimento balanceado para disminuir su demanda insatisfecha y evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora.

La presente propuesta contribuye con la generación de ingresos para la empresa debido a que se mejora todo el proceso de producción, por ende, reduce mermas, tiempos muertos y mano de obra. Por otro lado, para la comunidad académica, la investigación representa la oportunidad de investigar estos temas y así mejorar el proceso de producción en las empresas de alimentos balanceados.

### **Revisión de literatura**

El estudio de Cabanilla e Ipanaque [6] titulado “Diseño de un sistema de control automatizado para pesaje y ensacado en el proceso productivo de harina de pescado” abordó el problema de las mermas y pesos incorrectos debido a la falta de integración de balanzas ensacadoras automatizadas de 50kg en la red industrial. El objetivo fue diseñar un sistema de control automatizado para este proceso. Se identificaron los requerimientos operativos y técnicos, así como los componentes necesarios, para diseñar el sistema de control, que se basa en un PLC Siemens acoplado a un módulo de pesaje. Se desarrollaron diagramas eléctricos y la programación del PLC y el panel de operador. La implementación del sistema resultó en una reducción del error de peso de envasado del 1,27% al 0,47%. Se concluyó que el diseño

propuesto mejora la exactitud del peso de envasado y cumple con los requerimientos establecidos.

Livaque y Peña [7] en su investigación titulada “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados Kime EIRL”, analizaron la falta de orden y secuencia en las actividades de producción, donde los trabajadores operaban sin un proceso definido y aprobado, utilizando planes de producción empíricos y tiempos promedio referenciales. Aplicaron herramientas del estudio de métodos para mejorar la información base y establecer un proceso de producción estándar, evaluando la eficiencia de la línea de producción con indicadores de desempeño. Observaron el proceso para elaborar diagramas de operaciones y actividades, realizaron observaciones preliminares y calcularon los tiempos normales y estándar para cada actividad. Descubrieron que una tonelada de alimento balanceado requería 176 minutos en lugar de los 230 minutos estimados, incrementando la eficiencia en un 23,48%. Además, determinaron que cada saco debería producirse en 8,80 minutos en vez de 11,5 minutos, mejorando la productividad en un 55,87% con los tiempos estándar implementados.

Bonilla [8] en su investigación titulada “Propuesta de un sistema de automatización para mejorar la productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa agroexportadora”, identificó problemas de ergonomía y uso ineficiente de la capacidad de planta, ya que solo utilizaban el 70% y el procesamiento de un lote de 30,000 kg de quinua tomaba 694,5 minutos. Utilizó herramientas de análisis de procesos como diagramas de flujo y el diagrama de Ishikawa para identificar puntos críticos y riesgos ergonómicos. Implementó sacos reutilizables tipo Big Bags y diseñó un sistema automatizado de transporte y abastecimiento utilizando montacargas, lo cual mejoró significativamente la eficiencia del proceso y redujo el tiempo de procesamiento a 227,33 minutos, una disminución del 67%. La producción mensual aumentó un 31%, de 785 435,4 kg a 1 030 433,33 kg. La automatización también mejoró las condiciones laborales y redujo los riesgos ergonómicos. El análisis financiero mostró que la inversión se recuperaría en 1 año y 8 meses, con un Valor Actual Neto (VAN) de S/.187 947,17 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 48%, demostrando la alta rentabilidad del proyecto.

Abanto [9] en su estudio “Mejora de procesos de producción para incrementar la productividad en la elaboración de alimentos balanceados concentrados para ganado vacuno en Cefop Cajamarca”, notando la ausencia de métodos adecuados y procedimientos claros. El análisis reveló deficiencias en la molienda del maíz, la mezcla de insumos, la distribución del área y el almacenamiento. Para mejorar, se implementaron cambios como la adquisición de

nueva maquinaria y capacitación del personal en métodos de trabajo y el método de las 5S. Esto resultó en aumentos significativos de la productividad global, la mano de obra, las materias primas y la máquina mezcladora. A pesar de la inversión inicial de S/ 23 396, los resultados fueron positivos, con un VAN incremental de S/. 233 943,54 y una TIR incremental del 102%, concluyendo que la mejora de procesos era rentable y viable.

Orozco [10] en su estudio “Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos en una empresa de alimentos balanceados en la ciudad de Trujillo”. Utilizando el Diagrama de Ishikawa, identificó causas raíz como la mala planificación del programa de producción, distribución inadecuada de la planta, falta de motivación del personal, mantenimiento insuficiente y control de inventarios deficiente. Desarrolló una propuesta de mejora que incluyó el Plan Agregado de Producción, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y Balance de línea. Esta propuesta logró reducir los costos operativos en un 42%, equivalente a un ahorro anual de S/227 307,38, con una inversión total de S/115 969. La evaluación económica a cinco años mostró un VAN positivo de S/199 223, TIR del 84,7%, B/C de 1,78 y un periodo de recuperación de la inversión de 1,10 años, demostrando así la efectividad y viabilidad de la propuesta de mejora.

Ramos [11] “Automatización de una línea embolsadora para mejorar la velocidad de producción, ubicada en una fábrica de harina vitaminada en la localidad del Cercado de Lima, Perú.” abordó la necesidad de mejorar la velocidad de producción en una línea de embolsado de harina vitaminada, debido a problemas como la falta de precisión en la cantidad de harina suministrada, interrupciones frecuentes en la producción y la ejecución manual de subprocesos. Utilizando el método de causas y efectos, identificó el problema central y estableció el objetivo del proyecto. Tras la implementación, se observó una disminución del 33,4% en el tiempo de producción para alcanzar la cantidad requerida de sacos, un aumento del 50% en la cantidad de sacos listos y una reducción del 20% en el número de operarios necesarios en el proceso. Estos resultados demuestran el éxito del proyecto en mejorar la eficiencia y la productividad de la línea de embolsado.

Altamirano y Ramos [12] en su investigación “Diseño de un sistema de control y monitoreo para la medición, dosificación y mezclado de insumos para la preparación de alimentos balanceados” problemas de imprecisión y errores en los procesos manuales de la empresa, que resultaban en inconsistencias en la calidad del producto y baja eficiencia en la producción. Identificaron variaciones en el tiempo de mezclado y discrepancias en los pesos de los lotes debido a controles manuales ineficaces, utilizando herramientas como el diagrama de Ishikawa, análisis de procesos y revisión de datos históricos. Implementaron la automatización de los

procesos mediante sensores de nivel NG3100, sensores de peso LTI láser y pistones neumáticos lineales, controlados por un PLC SIMATIC S7-400 programado en lenguaje Ladder, lo que permitió un control preciso de la dosificación y mezclado, eliminando las ineficiencias y errores manuales. Concluyeron que el proyecto es financieramente viable, con un valor actual neto de 458 774 U\$\$ y una tasa interna de rentabilidad del 220%. La inversión en el diseño del sistema de control y monitoreo fue de 43 851,14 U\$\$, generando un beneficio útil de 96,360 U\$\$/año, con un periodo de retorno de la inversión de 5.5 meses.

Cedeño y Torres [13] en su investigación “Desarrollo e incorporación de mejoras en una máquina pesadora - ensacadora neumática para la empresa sissein” enfrentaron problemas de variaciones en el producto terminado. Realizaron una revisión de la literatura relevante y entrevistaron a empresas con equipos similares para identificar necesidades de mejora específicas. Diseñaron un sistema de llenado y cierre, reemplazando el anterior por uno con dos pistones que actúan sobre cilindros para presionar la manga flexible. Esta mejora incrementó la capacidad de producción de 38 400 a 76 800 sacos de 25 kg al mes y de 28 800 a 57 600 sacos de 40 kg al mes, con una reducción en el tiempo de ensacado por saco de 25 kg de 15 a 7,5 segundos y de 20 a 10 segundos para sacos de 40 kg. Además, la variación de peso se redujo a  $\pm 6$  gramos, mejorando la consistencia y calidad del producto final ensacado.

Apolaya [14] en su estudio “Implementación de mejora de procesos para mejorar la productividad de la línea productos Micro en La Llave S.A., Lima 2021” investigó el bajo rendimiento del proceso productivo, atribuido a cuellos de botella en el proceso de enmelazado y falta de mantenimiento adecuado de las instalaciones. Utilizando el estudio de tiempos y movimientos, registró y analizó datos mediante el levantamiento de procesos, delimitando áreas de estudio. La propuesta principal consistió en implementar una segunda llave de paso en el proceso de enmelazado para crear un proceso paralelo, reduciendo significativamente los tiempos de producción y aliviando el cuello de botella identificado. Además, se separó el nuevo proceso de la línea de mezclado para evitar contaminaciones, y se simuló los cambios en el software FlexSim para validar la mejora en la producción y eficiencia. Tras la implementación, se observó un aumento en la producción diaria de 268 sacos y una reducción del tiempo de salida de un producto a 2,52 minutos.

Campos y Segura [15] en su investigación “Diseño de una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C.”, identificando ineficiencias, demoras y fallas frecuentes que limitaban la capacidad productiva para satisfacer la demanda del mercado. Durante 16 semanas, utilizaron técnicas de observación y recolección de datos para evaluar la eficiencia y eficacia del proceso actual. Implementaron mejoras

utilizando programas como SolidWorks para el diseño mecánico y TIA Portal para la programación y automatización. Estas mejoras se basaron en un diagnóstico inicial, diseño de soluciones, simulaciones y validaciones técnicas. Los resultados mostraron un incremento en la productividad del 54,20% al 71,93%, lo que evidenció una mejora significativa del 17,73%. Concluyeron que la aplicación de procesos automatizados y optimizados puede aumentar considerablemente la eficiencia y eficacia en las operaciones industriales.

### **Materiales y métodos**

La presente investigación tiene un alcance descriptivo transversal [16], recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

La población del estudio está conformada por las todas las operaciones del proceso de producción del alimento balanceado y la muestra son las operaciones de llenado, pesado, cosido y almacenado.

Se comenzó identificando las operaciones involucradas en la producción de alimentos balanceados, con énfasis en llenado, pesado, cosido y almacenado. Luego, se llevó a cabo un estudio de tiempos y movimientos [17] para evaluar el tiempo observado, normal y estándar, recopilando datos sobre la producción actual y la demanda insatisfecha para comprender el proceso a fondo [18]. Se emplearon herramientas como el Diagrama de Ishikawa para analizar las posibles ineficiencias y determinar las causas subyacentes de la demanda insatisfecha. Finalmente, se utilizaron técnicas de análisis de causa raíz, como el diagrama de Pareto, para clasificar y definir las causas raíz del problema identificado.

Se diseñaron soluciones basadas en los resultados del diagnóstico, lo que implicó la automatización de las operaciones de llenado, pesado, cosido y almacenado de los sacos de alimentos balanceados. Esto incluyó realizar cálculos para los instrumentos de automatización, establecer un control lógico programable adecuado según las entradas y salidas requeridas

Se llevaron a cabo análisis financieros para evaluar la rentabilidad y viabilidad de las inversiones realizadas en los proyectos. Se calculó el Valor Actual Neto (VAN) considerando los flujos de efectivo proyectados, lo que indicó la rentabilidad de la inversión. Además, se determinó la relación Beneficio-Costo (B/C) para comparar los beneficios y costos totales, siendo un B/C superior a 1,0 indicativo de viabilidad financiera. También se calculó el Período de Recuperación, que representa el tiempo necesario para recuperar la inversión. Se empleó la Tasa Interna de Retorno (TIR) para evaluar el rendimiento financiero.

### **Resultados y discusión**

#### **Diagnóstico del Proceso de Producción**

La empresa, dedicada a la producción y venta de alimentos balanceados en sacos de 50kg, enfrenta problemas en su proceso de producción, particularmente en el llenado, pesado y cosido de los sacos, los cuales son operados manualmente por 3 trabajadores. Esto limita la producción a aproximadamente 165,3 sacos por día, lo que resulta insuficiente para satisfacer la demanda cuando es necesario. En el proceso de molienda de granos de maíz se utilizan molinos de rodillos, mientras que el transporte y elevación de la producción se realiza mediante elevadores de cangilones. Los silos se utilizan para almacenar el material en bruto o procesado. En la etapa de mezclado, se emplea un mezclador horizontal para combinar el maíz con afrecho o aceite de palma. El cosido de los sacos se realiza manualmente con una cosedora industrial, mientras que el pesado se lleva a cabo utilizando una balanza de plataforma industrial.

El proceso de producción comienza con la recepción de los granos de maíz de los distribuidores, que se depositan en un silo a través de un ducto conectado a un elevador. Cuando se inicia la producción, se abre una compuerta manual en el silo, permitiendo que otro elevador transporte los granos al proceso de molienda. Una vez molido, el maíz se almacena en una tolva. Actualmente, se producen tres tipos de productos: maíz molido puro, combinado con afrecho y con aceite de palma. El maíz puro se almacena en una tolva, mientras que, para los productos combinados, la cantidad requerida se transfiere a otra tolva y se le agrega el aditivo correspondiente, antes de activar un motor de mezclado. Tres operarios se encargan del proceso de producción: uno abre la compuerta de la tolva para verter el maíz molido en los sacos, otro realiza el pesado y un tercero se encarga de coser los sacos, trasladándolos luego al almacén. Para el llenado, un operario es posicionado en la tolva de llenado, para proceder a abrir el saco, colocar el saco en la boca de la tolva, abrir la compuerta de la tolva para que caiga el material y una vez que se crea que tenga el peso ideal, se cierra la compuerta de la tolva. El pesado, una vez llenado el saco, un operario transporta el saco hacia la balanza que está situada a 3 metros de distancia de la tolva de llenado, sube el saco con el alimento dentro, pesa el saco y una vez llegado a los 50kg, baja el saco de la balanza para su siguiente etapa. El luego de la etapa de pesado, un operario se encarga de coser el saco con una máquina manual portátil y almacenamiento, cuando el saco es cosido, un operario carga el saco y lo transporta hacia el almacén

### **Estudio de Tiempos y movimientos**

Se realizó un estudio de tiempos y movimientos con tres operarios responsables del llenado, pesado, cosido y almacenamiento. Se dividieron las etapas en elementos medibles, como abrir y cerrar sacos, pesar material y coser sacos. Todos los elementos son variables ya que las etapas

se realizan manualmente. Se medirán tres tipos de tiempos: observables, normales y estándares.[19]

### Tiempo de observado

Para determinar el número de observaciones en el proceso de ensacado, se necesitó un tamaño de muestra inicial, en este caso se tomó 20 muestras iniciales en el proceso de ensacado.

$$\left( \frac{40 * \sqrt{\text{tamaño de muestra inicial} * \sum(\text{observaciones}^2) - (\sum \text{observaciones})^2}}{\sum \text{observaciones}} \right)^2$$

El proceso de ensacado consta de 4 etapas, llenado, pesado, cosido y almacenado, se registraron las muestras iniciales en segundos por cada etapa para posteriormente llevar a cabo el cálculo del número de observaciones. Todas observaciones están en segundos.

**Tabla 1. Tabla de 20 muestras iniciales**

Núm.	Observ <sup>2</sup>	Observ <sup>2</sup>	Observ <sup>2</sup>	Observ <sup>2</sup>
1	2 500	196	81	3 721
2	2 601	196	121	4 096
3	2 601	144	81	5 184
4	3 481	196	100	3 844
5	2 704	121	121	3 721
6	3 249	169	81	4 624
7	3 481	121	81	3 600
8	3 844	169	121	3 844
9	3 844	144	100	3 600
10	2 500	169	81	3 600
11	3 721	121	121	5 184
12	3 136	169	81	4 900
13	3 721	196	81	4 624
14	2 500	196	81	3 844
15	2 601	144	100	4 096
16	3 844	169	100	5 041
17	3 481	196	121	4 096
18	3 844	169	81	4 900
19	2 809	169	100	3 969
20	3 481	144	100	4 761
<b>Total</b>	<b>63 943</b>	<b>3298</b>	<b>1934</b>	<b>85 249</b>

**Fuente. Elaboración propia**

En la tabla 1 se observa la sumatoria de cada observación por etapa y la observación al cuadrado, con los datos obtenidos se pudo obtener el número de observaciones para cada etapa y poder realizar el estudio de tiempo y movimientos adjuntado en el *anexo 1*

Se realizó los cálculos para obtener el número de observaciones por cada etapa, de acuerdo con los datos del *anexo 1*, el estudio de tiempo se realizará con 11 observaciones en la etapa de llenado, 11 observaciones en la etapa de pesado, 11 observaciones en la etapa de cosido y 7 en la etapa de almacenado, los tiempos de observaciones de acuerdo con el número de

observaciones se adjunta en el *anexo 2* dando como resultado 56,1 segundos en la etapa de llenado, 12,5 segundos en la etapa de pesado, 10 segundos en la etapa de cosido y 58 segundos en la etapa de almacenado.

### Tiempo normal

Para la realización de los tiempos normales se necesitó los tiempos observables de las etapas de llenado, pesado, cosido y almacenado con el factor de calificación. Los datos calculados se adjuntan en el *anexo 3*

Obtenidos los tiempos normales en la etapa de llenado de 56.77 segundos, pesado 12.65 segundos, 10.12 segundos en la etapa de cosido y 58.70 segundos en el almacenado, se halla el tiempo de ciclo sumando todos los tiempos normales de las etapas.

$$\text{Tiempo de ciclo}(TN) = \text{Tiempo observado}(TO) * \text{factor de calificación}$$

$$\text{Tiempo de ciclo}(TN) = 56,77 + 12,65 + 10,12 + 58,70 = 137,24 \text{ segundos}$$

### Tiempo estándar

Para la elaboración del tiempo estándar se utiliza el tiempo normal y el factor de tolerancia ya calculados anteriormente.

$$\text{Tiempo estándar}(TE) = TN * \text{Factor de tolerancia} (1 + \% \text{ de suplementos})$$

Se calculó los suplementos de necesidades fisiológicas, fatiga, trabajar de pie, postura anormal, condiciones de trabajo, uso de fuerza, tedio o monotonía, estas valoraciones ya están predeterminadas. De acuerdo con el *anexo 4* se debe considerar una pérdida de tiempo del 28%. Obteniendo un tiempo estándar en la etapa de llenado de 72,66 segundos, en el pesado 16,13 segundos, en el cosido 12,95 segundos y 75,13 segundos en la etapa de almacenado adjuntados en el *anexo 5*

Tiempo Observado = 136,25 segundos

Tiempo Normal o Tiempo de ciclo= 137,24 segundos

Tiempo Estándar = 176,9 segundos

Calculado el tiempo estándar de 176,9 segundos por saco, se calculó la producción diaria.

### Sacos por minuto

$$\frac{1 \text{ saco}}{176,9 \text{ segundos}} * \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} = 0,34 \frac{\text{saco}}{\text{minuto}}$$

### Sacos por hora

$$0,34 \frac{\text{saco}}{\text{minuto}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 20,4 \frac{\text{sacos}}{\text{hora}}$$

### Sacos por día

$$20,4 \frac{\text{saco}}{\text{hora}} * \frac{8 \text{ hora}}{1 \text{ día}} = 165,3 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}$$

### Productividad

$$\text{Productividad} = \frac{165,3 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}}{176,9 \frac{\text{segundos}}{\text{saco}}} = 0,93 \frac{\text{sacos}}{\text{segundos}}$$

Con los datos promedios obtenidos de cada etapa, se calculó que por minutos de obtiene 0,34 sacos, por hora 20,4 sacos y por día se tomó la cantidad de 8 horas obteniendo 163,2 sacos.

**Tabla 2. Tabla de producción, venta, demanda y demanda insatisfecha**

Año	Meses	Producción	Ventas	Demanda	Demanda insatisfecha
2022	Octubre	5 094	S/ 687 690	7 003	1 909
	Noviembre	4 958	S/ 669 330	7 048	2 090
	Diciembre	5 000	S/ 675 000	7 076	2 076
2023	Enero	5 100	S/ 688 500	7 017	1 917
	Febrero	4 954	S/ 668 790	7 056	2 102
	Marzo	4 996	S/ 674 460	7 016	2 020
	Abril	5 011	S/ 676 485	7 094	2 083
	Mayo	5 094	S/ 687 690	7 062	1 968
	Junio	5 087	S/ 686 745	7 089	2 002
	Julio	5 055	S/ 682 425	7 024	1 969
	Agosto	4 990	S/ 673 650	7 021	2 031
	Setiembre	5 001	S/ 675 135	7 057	2 056

**Fuente: Elaboración propia**

En los últimos 12 meses se obtuvo una demanda insatisfecha de 24 223 sacos.

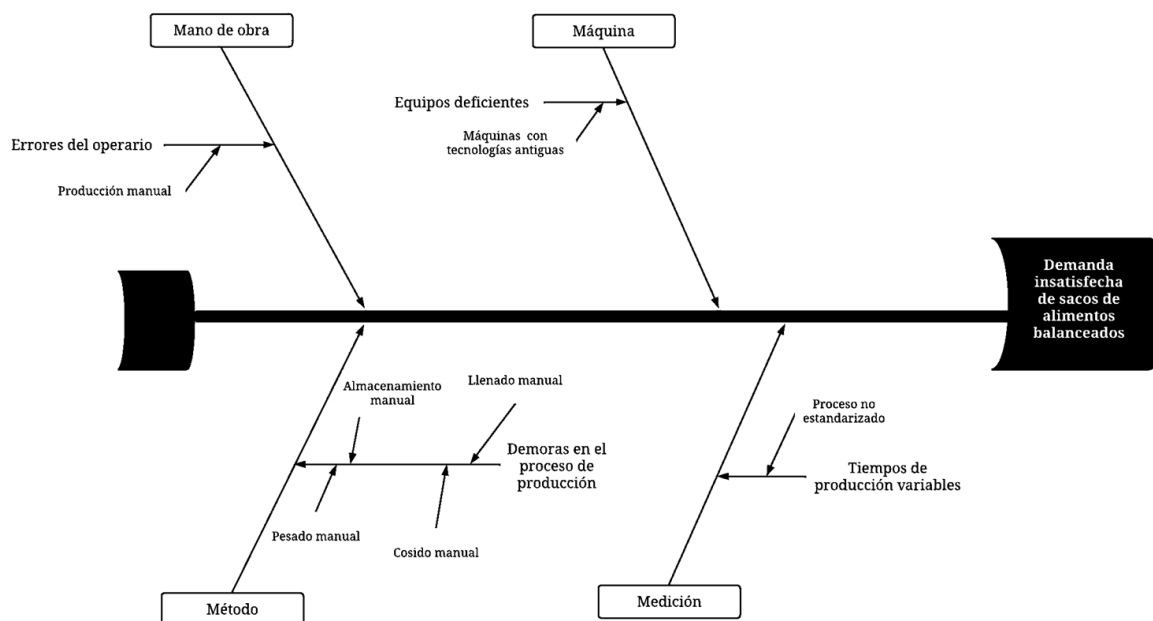
$$\text{Demanda insatisfecha} = \frac{24\,223}{360} = 67 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}$$

### Diagrama de Ishikawa

herramienta gráfica que establece una relación estructurada entre un efecto, comúnmente un problema de calidad, y sus causas potenciales. En su representación visual, el problema se anota

a la derecha como el resultado final, y a la izquierda se despliegan, de forma organizada, todos los factores y variables que se presume contribuyen a su existencia. [20]

**Figura 1: Diagrama de Ishikawa**



**Fuente: Elaboración propia**

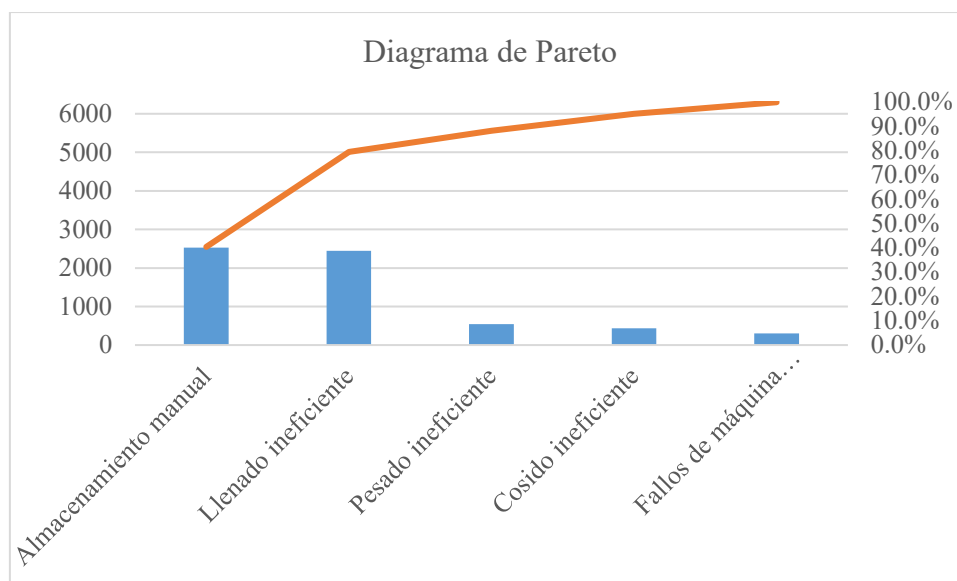
Se procedió a cuantificar las causas raíz del diagrama de Ishikawa, se tomó tiempos a medida de la producción cumpliendo la demanda insatisfecha menos la producción actual.

**Tabla 3: Tabla causa raíz**

Causas raíz	Min perdidos / mes	%	% Acumulado
Almacenamiento manual	2 528	40,4%	40,4%
Llenado manual	2 444	39,1%	79,5%
Pesado manual	543	8,7%	88,2%
Cosido manual	436	7,0%	95,2%
Fallos de máquina frecuente	300	4,8%	100,0%

**Fuente: Elaboración propia**

La primera causa raíz es el almacenamiento manual, ya que los operarios trasladan los sacos terminados al almacén sin utilizar máquinas de transporte, lo que genera pérdida de tiempo. Además, el pesado manual implica abrir y cerrar la compuerta de la tolva manualmente, lo que puede causar inconsistencias en el llenado. También, el pesado manual requiere ajustes para asegurar que los sacos tengan exactamente 50 kg, lo que resulta en pérdida de tiempo.

**Figura 2: Diagrama de Pareto**

**Fuente: Elaboración propia**

Se realizó el diagrama de Pareto, detectó que el 80% de los problemas provienen del almacenamiento, pesado y pesado manual

**Tabla 4: Indicadores del diagnóstico**

Indicadores de diagnóstico	
Producción	165,3 sacos/día
Demanda insatisfecha	67 sacos/día
Tiempo estándar	176,9 segundos/saco
Tiempo perdido	104,2 horas/mes

**Fuente: Elaboración propia**

De acuerdo con las causas raíz se desea reducir el tiempo del proceso de producción para poder satisfacer la demanda insatisfecha, al haber operaciones manuales se procede a proponer las siguientes alternativas automatizadas

**Tabla 5: Propuesta de automatizado en las causas raíz**

Causas raíz	Min perdidos	Alternativas
Almacenamiento manual	2528	Bonilla[8] implementó un sistema de cintas transportadoras para el transporte de sacos Ramos[11] implementó cintas transportadoras para el almacenamiento
Llenado manual	2444	Ramos[11] implementó un sistema de llenado por medio de mordazas y sensores Bonilla[8] implementó un sistema de llenado con un modelo de boquilla C6 Campos y Segura[15] implementaron un sistema de llenado con dosificador por gravedad Cedeño y Torres[13] implementaron un sistema de llenado por actuadores neumáticos Altamirano y Ramos[12] implementaron un sistema de llenado por un pistón neumático
Pesado manual	543	Ramos[11] implementó sistema de pesado por celdas de carga Bonilla [8] implementó un sistema de pesado por medio de celdas de carga Cabanillas e Ipanaqué[6] implementaron un sistema de pesado por celdas de carga

		Campos y Segura[15] implementaron un sistema de pesado con dosificador por gravedad
		Cedeño y Torres[13] implementaron un sistema de pesado por sacos de válvula
Cosido Manual	436	Ramos[11] implementó un sistema de cosido automático con un sensor
		Campos y Segura[15] implementaron un sistema de cosido automático con un sensor

*Fuente: Elaboración propia*

### Propuesta de Mejora del Proceso de Producción

Se propone automatizar las operaciones de pesado, llenado, cosido y almacenado, todas estas realizadas de manera manual, al realizar la automatización se reducirá los tiempos de estas operaciones, reduciendo errores y mermas, realizando el diseño en el programa 3D Solidworks, la simulación con CADeSimu y PC simu.

*Tabla 6: Tecnologías de propuesta*

Tecnología	Descripción	Aplicación
Solidworks	Software de diseño CAD para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D	Se realizó el diseño de las estructuras e instrumentos por medio de Solidworks, dándonos una ilustración de cómo se vería la implementación en la realidad
CADeSIMU	Programa CAD, que permite diseñar y simular circuitos de automatismo industrial	Se realizó el diseño de circuitos eléctricos de potencia y control para el automatizado de la propuesta, evaluando si existe algún tipo de cortocircuitos o problemas en el diseño
PC SIMU	Simulador de procesos automáticos en forma gráfica, intercambiando las entradas y salidas de un PLC	Se simuló la propuesta en tiempo real, visualizando cómo será el proceso de producción, trabajando de la mano con el CADeSIMU

*Fuente: Elaboración propia*

### Diseño de cinta transportadora

Para el cálculo de la cinta transportadora se requiere los perfiles angulares y tubulares, por otro lado, se decidirá si los soportes son soldados o empernados a su base

Para que los sacos de alimentos balanceados puedan ser transportador se necesitarán:

Cinta, esta dependerá del material a transportar, del peso a soportar, velocidad a la que se desee transportar el material, etc y un Sistema motriz, está compuesto por el motor o motorreductor, poleas, engranajes, etc. Estos dependerán de acuerdo con el esfuerzo que se le quiera dar, ya que con estos datos se hallarán sus características

### Características

Para el cálculo estructural de la cinta transportadora se necesitan los siguientes datos:

Ancho de cinta: 600 mm

Largo de equipo: 2 500 mm

Diámetro de tambor: 150mm

Largo de cinta:  $2(2\,500\text{mm}) + 2\pi(75\text{mm}) + 2 = 5\,444,96\text{ mm}$

### Características del saco

En la siguiente tabla se muestran las características del saco, estos nos ayudarán para el diseño de la cinta transportadora.

**Tabla 7: Dimensiones del saco**

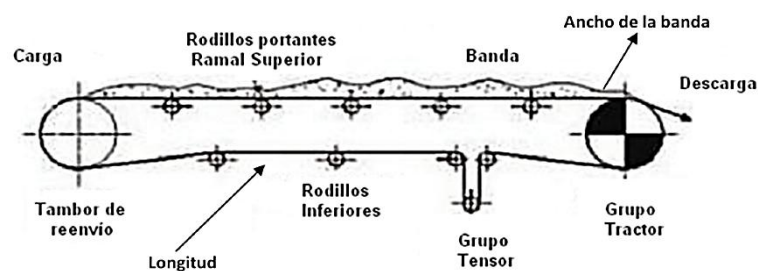
Dimensión	Valor
Peso	50 kg
Ancho	450 mm
Espesor	350 mm
Altura	700 mm

**Fuente: Elaboración propia.**

### Tambores de transporte

Para que la cinta transportadora cumpla su función, necesita ser movida por rodillos y estos necesitan de un tambor motriz que, con ayuda de energía mecánica de un motor o motorreductor pueda movilizar materiales.

**Figura 3: Tambor de transporte**



**Fuente: Rodrigo A. Gómez M.1 & Alexander A. Correa E.**

Para el cálculo de diámetro del tambor motriz se necesita el ancho de la cinta transportadora, ya que el largo del tambor debe calzar exactamente lo mismo, en este caso es 600 mm o 23.6 pulgadas

**Figura 8: Dimensiones de rodillos**

ANCHO DE BANDA	B mm	C mm	D			L mm
			Recomendado	Mínimo	Máximo	
10 "	724	686	142	70	127	533
20 "	775	737	142	70	127	584
24 "	876	838	142	70	127	686
30 "	1 020	991	142	70	127	838
36 "	1 181	1 143	142	70	127	991
42 "	1 334	1 295	142	70	127	1 143
48 "	1 486	1 448	142	70	127	1 295

**Fuente: Mijhael Anatholi Romero Mamani**

Donde:

D= diámetro

L= longitud

B= ancho

C= distancia

De acuerdo con la figura 8, el ancho de banda de 24 pulgadas de la tabla es el más cercano al ancho de la cinta a utilizar (23,6 pulgadas), por lo tanto, se utilizará el diámetro del tambor de 142mm.

### Velocidad de transporte

De acuerdo con la demanda insatisfecha, se necesita producir un 40% más de la producción actual. La despensa actualmente produce 164 sacos al día, para poder cumplir con la demanda insatisfecha necesita producir 230 sacos por día.

$$Velocidad\ de\ ensacado = 230 \frac{sacos}{día} * \frac{1\ día}{8\ horas} * \frac{1\ hora}{60\ min} = 0,48 \frac{sacos}{min}$$

El recorrido que tiene que hacer el saco de alimento balanceado es de 2,3 metros, este es el camino que pasará por el llenado, pesado, cocido y almacenado

$$Recorrido\ del\ saco = 2,3 \frac{metros}{sacos}$$

El tiempo de recorrido del saco es de 30 segundos por saco, con los datos obtenidos se puede calcular la velocidad de trabajo

$$Velocidad\ de\ trabajo = \frac{2,3 \frac{metros}{sacos}}{30 \frac{segundos}{saco}} * 60 \frac{segundos}{min} = 4,6 \frac{metros}{min}$$

### Motor

Obtenido el dato anterior de la velocidad de trabajo, diámetro del tambor motriz y velocidad de trabajo se puede calcular las RPM (revoluciones por minuto) del motor, esto hará que cumpla con todos los cálculos establecidos anteriormente.

$$RPM = \frac{\text{Velocidad de trabajo}}{\pi * \Phi \text{ de tambor}} = \frac{4,6 \frac{\text{metros}}{\text{min}}}{\pi * 0,15 \text{ metros}} = 9,8$$

### Potencia de motor

La potencia es la fuerza o potencia en la que el motor ejercerá para mover el tambor motriz, para poder realizar este cálculo se utilizará la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{ABP * B * RPM}{330}$$

Donde:

ABP: Fuerza de tracción ajustada de la banda (kg/m)

B: Ancho de la banda(m)

RPM: Revoluciones por minuto

Para la realización del cálculo de la fuerza de tracción ajustada de la banda se necesita la tracción de banda (BP) y el factor de servicio para cintas (SF)

$$ABP = BP * SF$$

$$BP = (M * 2W) * Fw * L + (M * H)$$

Donde:

M: Carga del producto

W: Peso de la banda

L: Longitud de la banda centro a centro

H: Cambio de altura de la banda

Fw: Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda

MP: M(Fp\* número de productos acumulados)

### Cálculo de variables de ABP

Al haber solo un saco por ciclo, M es igual a 50kg por metro cuadrado, el peso de la cinta transportadora por el cual los sacos de arroz van a ser transportados es de 7,3 kg por metro cuadrado (W), la longitud de la banda desde el eje de los tambores es de 2,216 m, el cambio de altura se halla desde el punto más alto de la cinta hasta el punto más bajo 0,85 m

### Coeficiente de fricción

Para hallar el coeficiente de fricción debemos revisar la tabla de fricción en la *figura 12*, al usar acetato que es en ambientes secos se toma el valor de 0,16

Teniendo el dato anterior se puede hallar la carga debido a la acumulación de producto, en este caso es 1 saco por ciclo.

$$M_p = 50 \frac{kg}{m^2} (0,16 * 1) = 8 \frac{kg}{m^2}$$

Obteniendo todos estos valores podemos hallar la tracción de banda (BP)

$$BP = \left( 50 \frac{kg}{m^2} + 2 \left( 7,3 \frac{kg}{m^2} \right) \right) * 0,16 * 2,216 m + \left( 50 \frac{kg}{m^2} * 0,85 \right) = 65,4 \frac{kg}{m}$$

$$ABP = 65,4 \frac{kg}{m} * 1,4 = 91,56 \frac{kg}{m}$$

Realizado todos los cálculos podemos hallar la potencia del motor necesaria para poder dar en marcha la cinta transportadora.

$$HP = \frac{91,56 \frac{kg}{m} * 0,6 m * 9,8}{330} = 1,63$$

### **Peso de la cinta transportadora**

Para hallar el peso total de la cinta transportadora es indispensable conocer las dimensiones de la cinta, el material con el cual está hecho, en este caso es el acetal la cual su peso es de 3,5 kg/m<sup>2</sup>. Se procede a calcular el área (A<sub>H</sub>)

Donde:

Ancho de cinta = 600 mm

Largo de total = 2 500 mm \* 2 + 2π (75 mm) + 2 = 5,473 m

$$A_H = 5,445 m * 600 mm = 3,3 m^2$$

Para hallar la masa de la cinta usaríamos la siguiente fórmula

$$M_H = M_H * W = 3,3 m^2 * 3,5 \frac{kg}{m^2} = 11,55 kg$$

Por lo tanto, la cinta pesaría el total de:

$$W_H = M_H * g = 113,7 N$$

Una vez hallado el peso de la cinta transportadora, es indispensable saber el peso de la placa de deslice que está en la parte inferior de la cinta, esta placa soporta el peso de la cinta. Es de calibre 12 y compuesto por acero inoxidable, el peso es de 19,5 kg/m<sup>2</sup>. Para hallar el peso de esta placa se necesita saber las dimensiones de esta (A<sub>p</sub>)

Donde:

Ancho = 610 mm

Largo total = 2 350 mm

$$A_p = 2,35 m * 0,61 m = 1,4 m^2$$

Para hallar la masa de la placa de deslice:

$$M_p = 1,4 m^2 * 19,5 \frac{kg}{m^2} = 27,3 kg$$

Por ende, la placa pesaría

$$W_p = M_p * g = 267,3 N$$

Para la realización de la cinta transportadora debemos conocer que este consta de dos tambores, uno va conectado donde el motor, este ejerce fuerza mecánica y permite el giro a la cinta y otro donde permitirá que la cinta gire alrededor del equipo. Para la realización del peso de estos dos tambores se usa la siguiente fórmula:

$$W_T = M_T * 2 * g = 98 N$$

También necesitaremos el cálculo del peso del motorreductor que se utilizará para dar movimiento a la cinta transportadora.

$$W_m = M_m * g = 117,6 N$$

Peso total de la cinta transportadora:

$$W_{total} = W_m + W_t + W_p + W_H$$

$$W_{total} = 117,6 N + 98 N + 267,3 N + 113,7 N = 596,6 N$$

### **Cinta transportadora con ángulo de inclinación**

La cinta con ángulo de inclinación o diagonal tiene la función de transportar el saco hacia la altura del operario, esto reducirá los malos posicionamientos de ergonomía y evitará molestias en las articulaciones de los operarios.

Aunque este módulo comparte los mismos principios que una cinta transportadora horizontal estándar, se diseñará con una banda especial. Esto se debe a que el saco debe adherirse a la faja y no deslizarse. Por esta razón, no se puede utilizar material sintético; se necesita un material plástico que permita esta adherencia. Además, este material plástico puede ser modificado para agregar diferentes tipos de accesorios según sea necesario.

### **Características de la cinta transportadora:**

Ancho = 600 mm

Largo de equipo = 2 000 mm

Diámetro de tambor = 150 mm

Longitud de banda = 4 473 mm

### **Velocidad de transporte**

El recorrido que tiene que hacer el saco de alimento balanceado es de 2 metros, este es el camino donde el operario cargará el saco

$$\text{Recorrido del saco} = 2 \frac{\text{metros}}{\text{sacos}}$$

El tiempo de recorrido del saco es de 30 segundos por saco

$$Velocidad\ de\ trabajo = \frac{2 \frac{metros}{sacos}}{30 \frac{segundos}{saco}} * 60 \frac{segundos}{min} = 4 \frac{metros}{min}$$

### RPM motor

La velocidad de trabajo hallada anteriormente es de 24 metros por minuto, se utiliza la siguiente fórmula usando el diámetro del tabor a utilizar.

$$RPM = \frac{Velocidad\ de\ trabajo}{\pi * \phi\ de\ tambor} = \frac{4 \frac{metros}{min}}{\pi * 0,15\ metros} = 8,5$$

### Potencia de motor

Al tener cierto ángulo de inclinación, se recomienda usar un motor de mayor potencia al de la cinta horizontal

$$HP = \frac{ABP * B * RPM}{330}$$

Donde:

ABP: Fuerza de tracción ajustada de la banda (kg/m)

B: Ancho de la banda(m)

RPM: Revoluciones por minuto

Para la realización del cálculo de la fuerza de tracción ajustada de la banda se necesita la tracción de banda (BP) y el factor de servicio para cintas (SF)

$$ABP = BP * SF$$

$$BP = (M * 2W) * Fw * L + (M * H)$$

Donde:

M: Carga del producto

W: Peso de la banda

L: Longitud de la banda centro a centro

H: Cambio de altura de la banda

Fw: Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda

MP: M\*(Fp\*número de productos acumulados)

### Cálculo de variables de ABP

Al haber solo un saco por ciclo, M es igual a 50kg por metro cuadrado, el peso de la cinta transportadora por el cual los sacos de arroz van a ser transportados es de 7,3kg por metro cuadrado (W), la longitud de la banda desde el eje de los tambores es de 1,850 m, el cambio de altura se halla desde el punto más alto de la cinta hasta el punto más bajo 0,85m

### **Coefficiente de fricción**

Para hallar el coeficiente de fricción debemos revisar la tabla de fricción en la *figura 12*, al usar acetato que es en ambientes secos se toma el valor de 0,16

Teniendo el dato anterior se puede hallar la carga debido a la acumulación de producto, en este caso es 1 saco por ciclo.

$$M_p = 50 \frac{kg}{m^2} (0,16 * 1) = 8 \frac{kg}{m^2}$$

Obteniendo todos estos valores podemos hallar la tracción de banda (BP)

$$BP = \left( 50 \frac{kg}{m^2} + 2 \left( 7,3 \frac{kg}{m^2} \right) \right) * 0,16 * 1850 m + \left( 50 \frac{kg}{m^2} * 0,85 \right) = 61,6 \frac{kg}{m}$$

$$ABP = 61,6 \frac{kg}{m} * 1,4 = 86,24 \frac{kg}{m}$$

Realizado todos los cálculos podemos hallar la potencia del motor necesaria para poder dar en marcha la cinta transportadora.

$$HP = \frac{86,24 \frac{kg}{m} * 0,61 m * 8,5}{330} = 1,5$$

Por lo tanto, se puede deducir que para el motor de la cinta horizontal se necesita un motor de 1,63 HP y para el motor con inclinación una potencia de 1,5 Hp, esto se debe a que la cinta transportadora con ángulo tiene menor longitud que la horizontal.

### **Mecanismo de llenado y cosido.**

Consiste en que el saco es puesto por el operario, por medio de unas mordazas es sujetado, una asegurado el saco la tolva apertura la caída del material y cuando llegue a los 50kg se cierre automáticamente pudiendo liberar el saco para llevarlo a la etapa de cosido donde es comandada por un sensor.

Componentes

Estructura

Tolva

Mordazas

Máquina de coser

### **Cilindros neumáticos para apertura de tolva**

Este instrumento será el causante de la apertura y cierre de la tolva para el llenado de los 50 kg que contiene cada saco, para que cumpla esta función será de doble efecto.

### **Características del cilindro**

Diámetro de émbolo = 32mm

Diámetro de vástago = 16 mm

Carrera = 200 mm

Fuerza teórica en avance = 482 N

Fuerza teórica en retroceso = 415 N

Presión = 800 kPa

Consumo de aire de cilindro

$$Ca = (s * A + A * A') * n * \text{relación de compresión}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 8,9$$

Donde:

s = Línea de carrera

A = Área de superficie de émbolo

A' = Área de superficie de vástago

n = ciclos por minutos de cilindro ((sacos/min) \* 2)

Cálculo de áreas:

$$A = \frac{(D^2 * \pi)}{4} = \frac{(3,2^2 * \pi)}{4} = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$A' = \frac{((D^2 - d^2) * \pi)}{4} = \frac{((3,2^2 - 1,6^2) * \pi)}{4} = 6,03 \text{ cm}^2$$

Con la obtención de estos datos podemos calcular el Ca

$$Ca = (20 \text{ cm} * 8,04 \text{ cm}^2 + 20 \text{ cm} * 6,03 \text{ cm}^2) * 14 \frac{C}{\text{min}} * 8,9 = 35,062 \frac{L}{\text{min}}$$

Al haber 2 cilindros, el resultado se duplica.

$$Ca = 70,124 \frac{L}{\text{min}}$$

### **Máquina de coser sacos**

El funcionamiento inicia cuando por medio de un sensor capacitivo activa el motor de la cosedora, permitiendo el automatizado.

Características

Peso de cosedora = 5kg

Tipo de aguja = D5

Corte = automático

### **Compresora**

Al calcular el consumo de aire para ambos cilindros se selecciona una compresora de acuerdo con lo hallado.

## **Selección de PLC**

Un PLC (Controlador Lógico Programable, por sus siglas en inglés) es un dispositivo electrónico utilizado en la automatización industrial para controlar maquinaria en entornos de fabricación y procesos industriales. Consiste en un microordenador especializado que opera en tiempo real y está diseñado para recibir información de entrada, procesarla de acuerdo con un programa específico y luego generar señales de salida para controlar máquinas o procesos.

### **Entradas**

**I 0.0:** Pulsador de parada

**I 0.1:** Pulsador de alimentación de cintas transportadoras

**I 0.2:** Pulsador para el sistema de llenado de sacos

**I 0.3:** Sensor de detección de saco en posicionamiento

**I 0.4:** Sensor de ubicación cuando las mordazas están cerradas

**I 0.5:** Sensor de ubicación cuando las mordazas están abiertas

**I 0.6:** Detección de celdas de carga cuando llega a 50kg

**I 0.7:** Sensor de detección de cuando el saco está lleno en faja

**I 0.8:** Sensor en la entrada de la etapa de cosido

**I 0.9:** Sensor de fin de ciclo.

### **Salidas**

**Q 0.0:** Motor de cinta horizontal

**Q 0.1:** Motor de cinta diagonal

**Q 0.2:** Cilindros de mordazas

**Q 0.3:** Cilindros de apertura de tolva

**Q 0.4:** Motor de máquina de coser

Para la selección del PLC se necesitará uno con 10 entradas digitales y 5 salidas como mínimo, de tal modo se utilizará el TM221CE24T de la marca Schneider Electric.

### **Características**

Número de E/S: 24

Entradas: 14

Salidas: 10

Tensión: 24V/CC

Puerto Ethernet: 1

Puerto de línea de serie: 2

Con la mejora se indicó la velocidad de producción automatizando cada etapa [21].

**Tabla 9: Velocidad de producción por etapa**

<b>Etapa</b>	<b>Segundos</b>
Llenado automático	18
Pesado automático	6
Cosido automático	7
Almacenado	20
<b>Total</b>	<b>51</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Automatizando las etapas de llenado, pesado, cosido y almacenado se podrá producir 1 saco en 51 segundos.

$$velocidad\ de\ producción = \frac{1\ sacos}{51\ segundos} * \frac{3\ 600\ segundos}{1\ hora} * \frac{8\ horas}{1\ día} = 565 \frac{sacos}{día}$$

Con el automatizado se obtiene una velocidad de producción de 565 sacos/día.

Para cumplir la demanda insatisfecha se necesita una producción de 230 sacos/día, la propuesta al tener una velocidad de producción de 565 sacos/día, se cumpliría la demanda en su totalidad. Se procedió a hablar la eficiencia de la máquina cumpliendo la demanda insatisfecha.

$$Eficiencia = \frac{230 \frac{sacos}{día}}{565 \frac{sacos}{día}} = 41\%$$

Con la eficiencia de la propuesta al 41% se propone abre paso a la adquisición de nuevos clientes, ya que actualmente la empresa no puede hacer esa nueva adquisición.

**Tabla 10: Indicadores de diseño de automatización**

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Mejora</b>
Producción (sacos/día)	165,3	230	39,1%
Productividad (sacos/seg)	0,93	1,84	97,8%
Demandan insatisfecha (sacos/día)	67	0	-100%
Tiempo estándar (segundos/saco)	176,9	12,2	-2.92%

**Fuente: Elaboración propia**

## Evaluación de la viabilidad de la propuesta

Se realizó el análisis económico con todos los costos de las máquinas a usar y los materiales para construir cada una de ellas.

**Tabla 11: Costos y Gastos de propuesta**

<b>Inversión</b>		
Cinta transportadora horizontal	S/	2,635.00
Cinta transportadora diagonal	S/	2,767.00
Estructura de llenado y cosido	S/	850.00
Sistema de control	S/	3,025.00
Actuadores	S/	1,392.00
Equipos de medición	S/	8,474.00
<b>Gastos de implementación</b>		
Mano de obra	S/	40,000.00
Herramientas	S/	1,972.00
EPP	S/	2,303.00
<b>Gastos Operativos</b>		
Mano de obra	S/	2,400.00
Mantenimiento preventivo	S/	340.00
Gastos Adm. y de Ventas	S/	20,880.00

**Fuente: Elaboración propia**

Para el cálculo de la mano de obra en gastos de implementación se requirió un Supervisor eléctrico encargado que todos los componentes eléctricos o electrónicos estén correctamente instalados, Supervisor de seguridad para gestionar las tareas y evitar accidentes durante la realización de la mejora, Supervisor mecánico encargado de verificar que las estructuras estén correctamente instaladas y los mantenimientos, Técnico electricista para la instalación de equipos e instrumentos, Técnicos estructurales para la instalación de estructuras donde irán los equipos e instrumentos y ayudantes que facilitarán y agilizarán el trabajo a los técnicos.

Se realizó un estado de resultados de los ingresos, costos operativos, depreciación de maquinaria, gastos administrativos de venta y los impuestos para obtener la utilidad neta antes de impuestos, la inversión es calculada en 12 meses, con una inversión de S/ 87 146 soles detallados en los *anexos 18 al 27*

Para la depreciación se consideró el método de línea recta, a cada mes o periodo de uso del activo se le asigna un importe igual de depreciación. El costo depreciable entre la vida útil en años es el gasto anual por depreciación. [22]

$$\frac{\text{Costo de equipos} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil}}$$

## Indicadores económicos

Para observar la viabilidad del proyecto se calculan los indicadores del valor actual neto, beneficio costo, tasa interna de recuperación y un PRI de la inversión

De acuerdo con el estado de resultados en *el anexo 30*, el VAN del proyecto es de S/ S/385 659,48, el beneficio costo de 1,04, esto quiere decir que por cada sol obtiene una ganancia de 0,04 soles, además una TIR de 22,7%, siendo una tasa de rentabilidad alta para la inversión y el PRI de 2,08 meses, esto indica que la inversión es recuperada en poco más de 2 meses.

## **Discusión**

- En el presente proyecto se utilizó como herramienta de diagnóstico el estudio de tiempos y movimientos, al igual que Livaque y Peña [7], donde ordenaron la secuencia de actividades que anteriormente no fueron definidas, permitiendo calcular y estandarizar los tiempos de las actividades que fueron motivo de su estudio. De tal manera en el presente estudio se realizó la toma de tiempos de las suboperaciones del llenado, pesado, cosido y almacenado como se observa en el *anexo 8, 9, 10 y 11*, tomando el método de Westinghouse para estandarizar los tiempos de las operaciones que fueron de 72,66 segundos en la etapa de llenado, 16,13 segundos para la etapa de pesado, 12,95 segundos en el cosido y 75,13 segundos en el almacenado.
- Los resultados obtenidos en el diagnóstico evidenciaron una productividad inicial de 0,93 sacos/minuto, lo que coincide con lo reportado por Livaque y Peña [7], quienes identificaron deficiencias en la secuencia de producción. Tras la implementación de la propuesta, la productividad aumentó a 1,84 sacos/minuto, superando el incremento de 55,87% hallado en su estudio
- Para la identificación de causas de los problemas Bonilla [28] realizó un diagrama de Ishikawa, identificando los puntos críticos del sistema productivo en los tiempos de procesamiento de lotes y las demoras que había en la producción. Para esta investigación de igual forma se realizó un diagrama de Ishikawa pudiendo identificar las causas raíz de las demoras en las operaciones de llenado, pesado, cosido y almacenado, pudiendo identificar que las causas fueron motivo de los procesamientos manuales no pudiendo evitar los errores humanos y ocasionando demoras, donde habían 2 528, 2 444, 543 y 436 minutos perdidos respectivamente.
- De tal manera Orozco [30] identificó los altos costos operativos en el área de producción en una empresa de alimentos balanceados con la ayuda del diagrama de Ishikawa, concluyendo que esto se debía a una mala planificación del programa de producción, una mala distribución de planta, falta de mantenimiento preventivo y predictivo.

- En la propuesta de automatización Cabanilla e Ipanaque [6] diseñaron un sistema de control automatizado en una empresa de alimentos balanceados para el pesado y ensacado, utilizando un PLC como centro de control, obteniendo como resultado reducir el error del envasado de 1,27% a 0,47%. La presente propuesta también automatizó el pesado, llenado y cosido de en los sacos de alimentos balanceado, eliminando todo error humano en los procesos, por tal manera el error es de 0%.
- Otra investigación como la de Ramos [12] implementó como propuesta un sistema de automatizado en la línea de embolsadora para mejorar la velocidad de producción aumentando en un 33,4% el tiempo de producción, por parte de la presente investigación con la implementación de la propuesta se aumentó un 40% el tiempo de producción.
- En términos económicos, la propuesta obtuvo un VAN de S/ S/385 659,48 y una TIR de 22,7%, lo cual, si bien es inferior a la TIR de 102% obtenida por Abanto [9], demostró la viabilidad de la inversión en el contexto de la empresa evaluada. Estos resultados confirman que la automatización fue efectiva tanto en el ámbito productivo como en el financiero.

### **Conclusiones**

- Con la propuesta de mejora del proceso de producción se estimó disminuir la demanda insatisfecha por medio de la automatización industrial en las etapas de llenado, pesado, cosido y almacenado.
- Con el diagnóstico se estimó que la demanda insatisfecha se debía al proceso de producción, debido a que la etapa de llenado, pesado, cosido y envasado eran operaciones manuales, esto ocasionaba que los tiempos de producción eran muy lentas debido a factores humanos, este diagnóstico se obtuvo con las herramientas de diagrama de operaciones, estudios de tiempos, Westinghouse, diagrama de Ishikawa y Pareto, por medio de esto se obtuvo los indicadores de producción de 165,3 sacos por día, tiempo estándar de 176,9 segundos por saco y una demanda insatisfecha de 67 sacos por día
- Como propuesta se automatizó las etapas de llenado, pesado, cosido y almacenado, se propuso una cinta transportadora que va de la mano con un sistema de llenado, se implementó una tolva automática que permite el paso del material por una compuerta comandada por cilindros, el pesado por medio de celdas de carga, esto comandaba a que la tolva abra o cierre su salida de material, para el cosido se diseñó que por medio de un sensor capacitivo de marcha al motor de la cosedora, esto permitiendo que el saco solamente haga el cosido cuando pase por el sensor y para el almacenado se implementó una faja en diagonal, evitando que los trabajadores obtengan posturas que sean perjudiciales para su salud. Esta propuesta espera

aumentar la producción en un 40% de lo que se obtenía actualmente, cumpliendo la demanda insatisfecha en un 100%.

- Se concluyó que el VAN en los 12 primeros meses es de S/385 659,48, el beneficio costo es de 1,04 soles, la tasa interna de retorno es 22,7% y un periodo de recuperación de 2,08 mes, de acuerdo con estos indicadores definen que la propuesta es totalmente viable ya que la recuperación de la inversión es muy corta y cumple con el propósito del estudio.

### **Conclusión General**

- Se concluyó que la propuesta de mejora del proceso de producción permitió disminuir la demanda insatisfecha mediante la automatización de las etapas de llenado, pesado, cosido y almacenado. Como resultado, la producción diaria aumentó de 165,3 a 230 sacos, la demanda insatisfecha se redujo a 0 sacos y la productividad pasó de 0,93 a 1,84 sacos por segundo. Asimismo, la evaluación económica evidenció que la propuesta fue viable, obteniendo un VAN positivo de S/ S/385 659,48, una TIR de 22,7% superior a la TMAR considerada, un B/C de 1,04 y un periodo de recuperación de 2,08 meses. De este modo, se cumplió con el objetivo general del estudio.”

### **Recomendaciones**

- Se recomienda futuras investigaciones en el automatizado de la recepción de materia prima, donde se tenga acceso rápido desde ahí hasta las tolvas donde empieza el llenado. Ya que esta operación es netamente manual y está vulnerada a los controles de los operadores y puede haber fallas o mala coordinación.
- Se recomienda una investigación posterior para realizar un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, al implementar un sistema automatizado se requiere evitar que las máquinas paren durante las horas de producción.

## Referencias

- [1] MaizySoya, “Alimento balanceado debe estar libre de agentes contaminantes.”
- [2] Expreso, “La industria de balanceado se queda sin materias primas.”
- [3] El sitio avícola, “Resumen del informe de producción de granos y alimentos balanceados en el Perú - El Sitio Avicola.”
- [4] El Comercio, “Índice mundial de precios de alimentos alcanzó su pico más alto desde julio del 2014: ¿Cómo impacta al bolsillo de los peruanos?”
- [5] Comex Peru, “Sociedad de Comercio Exterior del Perú.”
- [6] F. H. Cabanillas Rojas and E. A. Ipanaque de la cruz, “Diseño de un sistema de control automatizado para pesaje y ensacado en el proceso productivo de harina de pescado,” 2022.
- [7] A. Livaque Gonzales and D. F. Peña Figueroa, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados Kime EIRL,” 2020.
- [8] Xavier del Carmen Bonilla Neyra, “Propuesta de un sistema de automatización para mejorar la productividad en el área de abastecimiento y movimiento de materia prima en la empresa agroexportadora,” 2020.
- [9] Lelis Evel Abanto Perez, “Mejora de procesos de producción para incrementar la productividad en la elaboración de alimentos balanceados concentrados para ganado vacuno en Cefop Cajamarca,” 2020.
- [10] Carlos Eduardo Orozco Muñoz, “Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos en una empresa de alimentos balanceados en la ciudad de Trujillo,” 2021.
- [11] Leonardo Martin Ramos Vasquez, “Automatización de una línea embolsadora para mejorar la velocidad de producción, ubicada en una fábrica de harina vitaminada en la localidad del Cercado de Lima, Perú.,” 2024.
- [12] F. Altamirano Benites and J. M. Ramos Suclupe, “Diseño de un sistema de control y monitoreo para la medición, dosificación y mezclado de insumos para la preparación de alimentos balanceados,” 2020.
- [13] Luis Daniel Cedeño Rios and Pedro Jacob Torres Avilés, “Desarrollo e incorporación de mejoras en una máquina pesadora - ensacadora neumática para la empresa sissein,” 2022.
- [14] J. C. Apolaya Ayllon, “Implementación de mejora de procesos para mejorar la productividad de la línea productos Micro en La Llave S.A., Lima 2021,” 2022.

- [15] E. S. Campos Tafur and J. J. Segura Cruz, “Diseño de una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C.,” 2022.
- [16] H. Gutiérrez Pulido and R. De la Vara Salazar, “Control estadístico de calidad y seis sigma.”
- [17] Gestipolis, “El estudio de tiempos y movimientos. Definición y objetivos.”
- [18] Gustavo Pensa, “Mapa del flujo de valor - VSM: Qué es y cómo se construye.”
- [19] G. Baca *et al.*, “Introducción a la Ingeniería Industrial.”
- [20] Lorena Denisse Avalo Molleda, “Aplicación del diagrama de Ishikawa en la Biblioteca Central de la Universidad de San Martín de Porres”.
- [21] Better World, “Báscula automática por cargas MSDM.”
- [22] Unam, “Depreciación Lineal.”

## Anexos

*Anexo 1. Número de observaciones por etapa*

<b>Etapas</b>	<b>Cálculo de N° de observaciones</b>	<b>N° de obs</b>
<b>Llenado</b>	$\left(\frac{40 * \sqrt{20 * 63\,943 - (304)^2}}{304}\right)^2$	11
<b>Pesado</b>	$\left(\frac{40 * \sqrt{20 * 3\,298 - (256)^2}}{256}\right)^2$	11
<b>Cosido</b>	$\left(\frac{40 * \sqrt{20 * 1\,934 - (196)^2}}{196}\right)^2$	11
<b>Almacenado</b>	$\left(\frac{40 * \sqrt{20 * 85\,249 - (1\,148)^2}}{1\,148}\right)^2$	7

*Fuente. Baca G y Margarita U*

*Anexo 2. Tiempos de observaciones*

<b>Observaciones</b>	<b>Llenado</b>	<b>Pesado</b>	<b>Cosido</b>	<b>Almacenado</b>
1	53	11	10	58
2	59	13	11	59
3	54	13	10	55
4	61	14	10	59
5	60	13	9	60
6	57	12	9	57
7	52	12	10	58
8	53	12	10	-
9	50	11	9	-
10	59	14	11	-
11	59	12	11	-
<b>Promedio</b>	<b>56,1</b>	<b>12,5</b>	<b>10,0</b>	<b>58,0</b>

*Fuente. Elaboración propia*

*Anexo 3. Cálculo de tiempos normales*

<b>Etapas</b>	<b>Tiempo observado(s)</b>	<b>Tiempo normal(s)</b>
Llenado	56,1	56,77
Pesado	12,5	12,65
Cosido	10,0	10,12
Almacenado	58,0	58,70

*Fuente: Elaboración propia*

#### *Anexo 4. Suplementos por descanso*

<b>Suplementos por descanso(tiempo suplementario)</b>	
Por necesidades fisiológicas	5%
Por fatiga	4%
Por trabajar de pie	2%
Por postura anormal	7%
Por condiciones de trabajo	6%
Por uso de fuerza	1%
Por tedio	2%
Por monotonía	1%
<b>Total</b>	<b>28%</b>

*Fuente: Tabla de Westinghouse*

#### *Anexo 5. Suplementos por descanso*

<b>Etapa</b>	<b>Tiempo normal(s)</b>	<b>Tiempo estándar(s)</b>
Llenado	56,76	72,66
Pesado	12,60	16,13
Cosido	10,12	12,95
Almacenado	58,70	75,13

*Fuente: Elaboración propia*

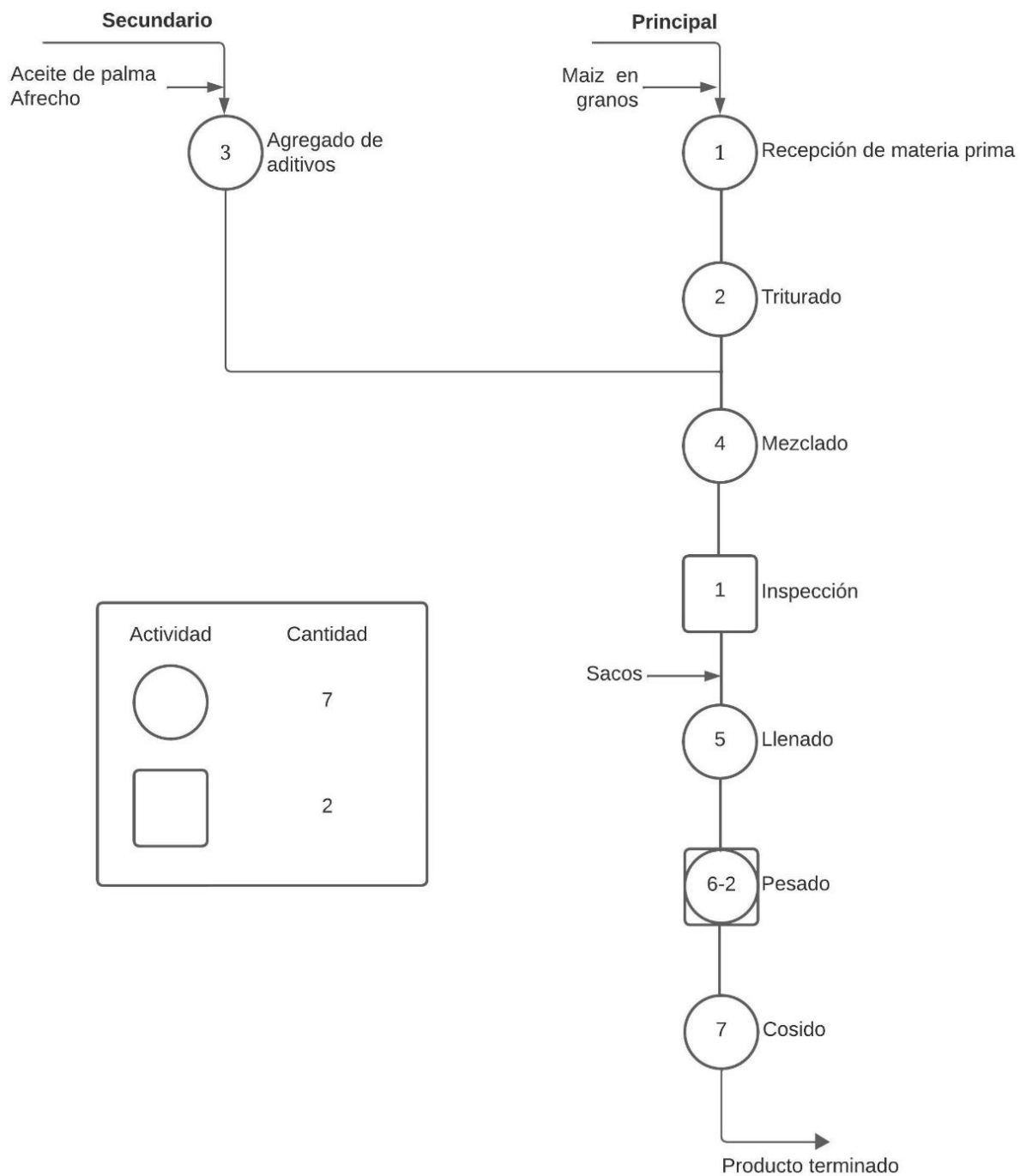
#### *Anexo 6. Registro visual del proceso de actual de llenado, pesado, cosido y almacenado*





*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 7. Diagrama de Proceso de ensacado en alimento balanceado.**



**Fuente: Elaboración propia**

*Anexo 8. Tabla de muestras iniciales*

Núm.	Muestra inicial llenado		Muestra inicial pesado		Muestra inicial cosido		Muestra inicial almacenado	
	Observ (segundos)	Observ <sup>2</sup>	Observ (segundos)	Observ <sup>2</sup>	Observ (segundos)	Observ <sup>2</sup>	Observ (segundos)	Observ <sup>2</sup>
1	50	2 500	14	196	9	81	61	3 721
2	51	2 601	14	196	11	121	64	4 096
3	51	2 601	12	144	9	81	72	5 184
4	59	3 481	14	196	10	100	62	3 844
5	52	2 704	11	121	11	121	61	3 721
6	57	3 249	13	169	9	81	68	4 624
7	59	3 481	11	121	9	81	60	3 600
8	62	3 844	13	169	11	121	62	3 844
9	62	3 844	12	144	10	100	60	3 600
10	50	2 500	13	169	9	81	60	3 600
11	61	3 721	11	121	11	121	72	5 184
12	56	3 136	13	169	9	81	70	4 900
13	61	3 721	14	196	9	81	68	4 624
14	50	2 500	14	196	9	81	62	3 844
15	51	2 601	12	144	10	100	64	4 096
16	62	3 844	13	169	10	100	71	5 041
17	59	3 481	14	196	11	121	64	4 096
18	62	3 844	13	169	9	81	70	4 900
19	53	2 809	13	169	10	100	63	3 969
20	59	3 481	12	144	10	100	69	4 761
<b>Total</b>	<b>1 127</b>	<b>63 943</b>	<b>256</b>	<b>3 298</b>	<b>196</b>	<b>1 934</b>	<b>1 303</b>	<b>85 249</b>

*Fuente. Elaboración propia*

*Anexo 9. Estudio de tiempos y movimientos de la Etapa de Llenado*

<b>Etapa de Llenado(segundos)</b>										
<b>Muestra (Sacos)</b>	<b>Abrir saco</b>		<b>Colocar saco</b>		<b>Abrir compuerta</b>		<b>Caída de material</b>		<b>Cerrar compuerta</b>	
	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>
S1	2	2	3	5	2	7	44	51	2	53
S2	4	4	3	7	2	9	48	57	2	59
S3	4	4	3	7	2	9	43	52	2	54
S4	3	3	4	7	3	10	49	59	2	61
S5	3	3	3	6	3	9	48	57	3	60
S6	3	3	4	7	2	9	45	54	3	57
S7	4	4	4	8	2	10	40	50	2	52
S8	3	3	4	7	2	9	41	50	3	53
S9	2	2	4	6	2	8	40	48	2	50
S10	2	2	3	5	2	7	49	56	3	59
S11	2	2	3	5	3	8	49	57	2	59
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,9</b>		<b>6,4</b>		<b>8,6</b>		<b>53,7</b>		<b>56,1</b>	

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 10. Estudio de tiempos y movimientos de la etapa de Pesado*

<b>Etapa de Pesado(segundos)</b>									
<b>Muestra (Sacos)</b>	<b>Transporte de saco a balanza</b>		<b>Subir saco a balanza</b>		<b>Medición de peso</b>		<b>Bajar saco de balanza</b>		
	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	
S1	4	4	3	7	2	9	2	11	
S2	5	5	3	8	3	11	2	13	
S3	5	5	3	8	3	11	2	13	
S4	5	5	3	8	3	11	3	14	
S5	5	5	2	7	3	10	3	13	
S6	4	4	3	7	3	10	2	12	
S7	5	5	3	8	2	10	2	12	
S8	4	4	3	7	3	10	2	12	
S9	5	5	2	7	2	9	2	11	
S10	5	5	3	8	3	11	3	14	
S11	5	5	2	7	3	10	2	12	
<b>PROMEDIO</b>	<b>4,7</b>		<b>7,5</b>		<b>10,2</b>		<b>12,5</b>		

*Fuente: Elaboración propia*

*Anexo 11. Estudio de tiempos y movimientos de la etapa de Cosido*

Etapa de Cosido(segundos)				
Muestra (Sacos)	Transporte de saco a cosido		Cosido	
	R	C	R	C
S1	3	3	7	10
S2	4	4	7	11
S3	3	3	7	10
S4	3	3	7	10
S5	3	3	6	9
S6	3	3	6	9
S7	4	4	6	10
S8	3	3	7	10
S9	3	3	6	9
S10	4	4	7	11
S11	4	4	7	11
<b>PROMEDIO</b>		<b>3,4</b>		<b>10</b>

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 12. Estudio de tiempos y movimientos de la etapa de Almacenado*

Etapa de Almacenado(segundos)						
Muestra (Sacos)	Cargado de saco		Caminar hasta el almacén		Bajar el saco	
	R	C	R	C	R	C
S1	5	5	50	55	3	58
S2	6	6	49	55	4	59
S3	6	6	46	52	3	55
S4	5	5	50	55	4	59
S5	6	6	50	56	4	60
S6	5	5	48	53	4	57
S7	6	6	48	54	4	58
<b>PROMEDIO</b>		<b>5,57</b>		<b>54,29</b>		<b>58</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 13. Sistema de valoración Westinghouse**

<b>Habilidad</b>			<b>Esfuerzo</b>		
+0,15	A1	Habilísimo	+ 0,13	A1	Excesivo
+0,13	A2	Habilísimo	+ 0,12	A2	Excesivo
+0,11	B1	Excelente	+ 0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente	+ 0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Bueno	+ 0,05	C1	Bueno
+0,03	C2	Bueno	+ 0,02	C2	Bueno
0,00	D	Medio	0,00	D	Medio
-0,05	E1	Regular	-0,04	E1	Regular
-0,10	E2	Regular	-0,08	E2	Regular
- 0,16	F1	Malo	-0,12	F1	Malo
-0,22	F2	Malo	-0,17	F2	Malo

<b>Condiciones</b>			<b>Consistencia</b>		
+ 0,06	A	Ideales	+ 0,04	A	Perfecta
+ 0,04	B	Excelente	+ 0,03	B	Excelente
+ 0,02	C	Buenas	+ 0,01	C	Buena
0,00	D	Medias	0,00	D	Media
- 0,03	E	Regulares	- 0,02	E	Regular
- 0,07	F	Malos	- 0,04	F	Malo

**Fuente: Tabla de Westinghouse**

**Anexo 14. Porcentaje de actuación**

<b>Factor</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Puntaje</b>
Habilidad	C1	+0,06
Esfuerzo	C1	+ 0,05
Condiciones	D	0
Consistencia	C	+ 0,01
<b>% de actuación</b>		<b>0.012</b>

**Fuente: Westinghouse**

**Anexo 15: Costos de cinta transportadora horizontal**

<b>Materiales</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Cinta transportadora 5 445 x 600 x 4,5 mm	S/ 430,00	1	S/ 430,00
Motor trifásico	S/ 600,00	1	S/ 600,00
UCT 205 SKF – Chumacera	S/ 35,00	1	S/ 35,00
UCF 205 SKF – Chumacera de pared	S/ 65,00	1	S/ 65,00
Tambor motriz	S/ 85,00	1	S/ 85,00
Tambor de retorno	S/ 60,00	1	S/ 60,00
Placa guía 2 350x610x3 mm acero inox	S/ 170,00	1	S/ 170,00
Tensor con ranura amplia	S/ 25,00	2	S/ 50,00
Rodamiento 6205 FAG	S/ 15,00	4	S/ 60,00
Relé térmico LR9F5357	S/ 800,00	1	S/ 800,00
Estructura de la faja	S/ 250,00	1	S/ 250,00
Allen M6 X 20	S/ 0,50	8	S/ 4,00
Allen M8 X 20	S/ 0,50	4	S/ 2,00
Allen M6 X 60	S/ 1,00	2	S/ 2,00
Allen M8 X 35	S/ 1,00	4	S/ 4,00
Allen M10 X 30	S/ 1,00	8	S/ 8,00
Retén Akuro 25x50x10	S/ 10,00	1	S/ 10,00
<b>Total</b>			<b>S/ 2 635,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 16: Costos de cinta transportadora diagonal**

<b>Materiales</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Cinta transportadora 4 473 x 600 x 5,5 mm	S/ 430,00	1	S/ 430,00
Motor trifásico	S/ 600,00	1	S/ 600,00
UCT 205 SKF – Chumacera	S/ 35,00	1	S/ 35,00
UCF 205 SKF – Chumacera de pared	S/ 65,00	1	S/ 65,00
Tambor motriz	S/ 85,00	1	S/ 85,00
Tambor de retorno	S/ 60,00	1	S/ 60,00
Placa guía 2 350x610x3 mm acero inox	S/ 170,00	1	S/ 170,00
Tensor con ranura amplia	S/ 25,00	2	S/ 50,00
Rodamiento 6205 FAG	S/ 15,00	4	S/ 60,00
Relé térmico LR9F5357	S/ 800,00	1	S/ 800,00
Estructura de la faja	S/ 270,00	1	S/ 270,00
Longarina	S/ 45,00	2	S/ 90,00
Allen M6 X 20	S/ 0,50	16	S/ 8,00
Allen M8 X 20	S/ 0,50	4	S/ 2,00
Allen M6 X 60	S/ 1,00	2	S/ 2,00
Allen M8 X 35	S/ 1,00	4	S/ 4,00
Allen M10 X 30	S/ 1,00	16	S/ 16,00
Retén Akuro 25x50x10	S/ 10,00	2	S/ 20,00
<b>Total</b>			<b>S/ 2 767,00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 17: Costos de mano de obra**

<b>Profesionales</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Supervisor eléctrico	S/ 7.000,00	1	S/ 7.000,00
Supervisor seguridad	S/ 6.000,00	1	S/ 6.000,00
Supervisor mecánico	S/ 7.000,00	1	S/ 7.000,00
Técnicos electricistas	S/ 4.000,00	2	S/ 8.000,00
Técnicos estructurales	S/ 4.000,00	2	S/ 8.000,00
Ayudantes	S/ 2.000,00	2	S/ 4.000,00
<b>Total</b>			<b>S/ 40.000,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 18: Costos de herramientas**

<b>Herramientas</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Alicate universal	S/ 79,00	2	S/ 158,00
Alicate de corte	S/ 78,00	2	S/ 156,00
Alicate de presión	S/ 42,00	2	S/ 84,00
Llaves Allen	S/ 65,00	2	S/ 130,00
Cutter	S/ 56,00	2	S/ 112,00
Pela cables	S/ 78,00	2	S/ 156,00
Prensa terminales	S/ 69,00	2	S/ 138,00
Destornilladores dieléctricos	S/ 129,00	2	S/ 258,00
Perilleros	S/ 40,00	2	S/ 80,00
Llaves mixta	S/ 180,00	2	S/ 360,00
Rache	S/ 170,00	2	S/ 340,00
<b>Total</b>			<b>S/ 1.972,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 19: Costos de equipos**

<b>Equipos</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Pinza amperimétrica	S/ 3.100,00	1	S/ 3.100,00
Megómetro	S/ 3.624,00	1	S/ 3.624,00
Multímetro	S/ 1.750,00	1	S/ 1.750,00
<b>Total</b>			<b>S/ 8.474,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 20: Depreciación**

<b>Descripción</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Valor venta</b>	<b>Años</b>	<b>Mes</b>
Depreciación	S/ 8 627,00	2588,1	5	S/ 100,65
<b>Total</b>				<b>S/ 100,65</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 21: Costos de mano de obra**

<b>Operarios</b>	<b>Costo/mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Op 1	S/ 1 200,00	1	S/ 1 200,00
Op 2	S/ 1 200,00	1	S/ 1 200,00
<b>Total</b>			<b>S/ 2 400,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 22: Costos de estructura de llenado**

<b>Materiales</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Estructura para llenado	S/ 850,00	1	S/ 850,00
<b>Total</b>			<b>S/ 850,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Tabla 23: Costos de Sistema de control**

<b>Materiales</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
PLC	S/ 930,00	1	S/ 930,00
Temporizador	S/ 50,00	1	S/ 50,00
Contactores	S/ 250,00	5	S/ 1 250,00
Final de carrera	S/ 50,00	2	S/ 100,00
Sensor proximidad	S/ 25,00	3	S/ 75,00
Conductor eléctrico	S/ 1,00	100	S/ 100,00
Cilindro doble efecto	S/ 120,00	2	S/ 240,00
Cilindro simple efecto	S/ 80,00	1	S/ 80,00
Cilindro simple efecto	S/ 110,00	1	S/ 110,00
Celdas de carga	S/ 90,00	1	S/ 90,00
<b>Total</b>			<b>S/ 3 025,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 24: Costos de actuadores**

<b>Descripción</b>	<b>Costo/mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Compresora	S/ 600,00	1	S/ 600,00
Motor 1	S/ 600,00	1	S/ 600,00
Motor 2	S/ 192,00	1	S/ 192,00
<b>Total</b>			<b>S/ 1 392,00</b>

**Fuente: Elaboración propia****Anexo 25: Costos de cinta transportadora horizontal**

<b>Mantenimiento</b>	<b>Costo/mes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Mtto Preventivo	S/ 90,00	1	S/ 90,00
Mtto Rutina	S/ 250,00	1	S/ 250,00
<b>Total</b>			<b>S/ 340,00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 26: Costos de EPP**

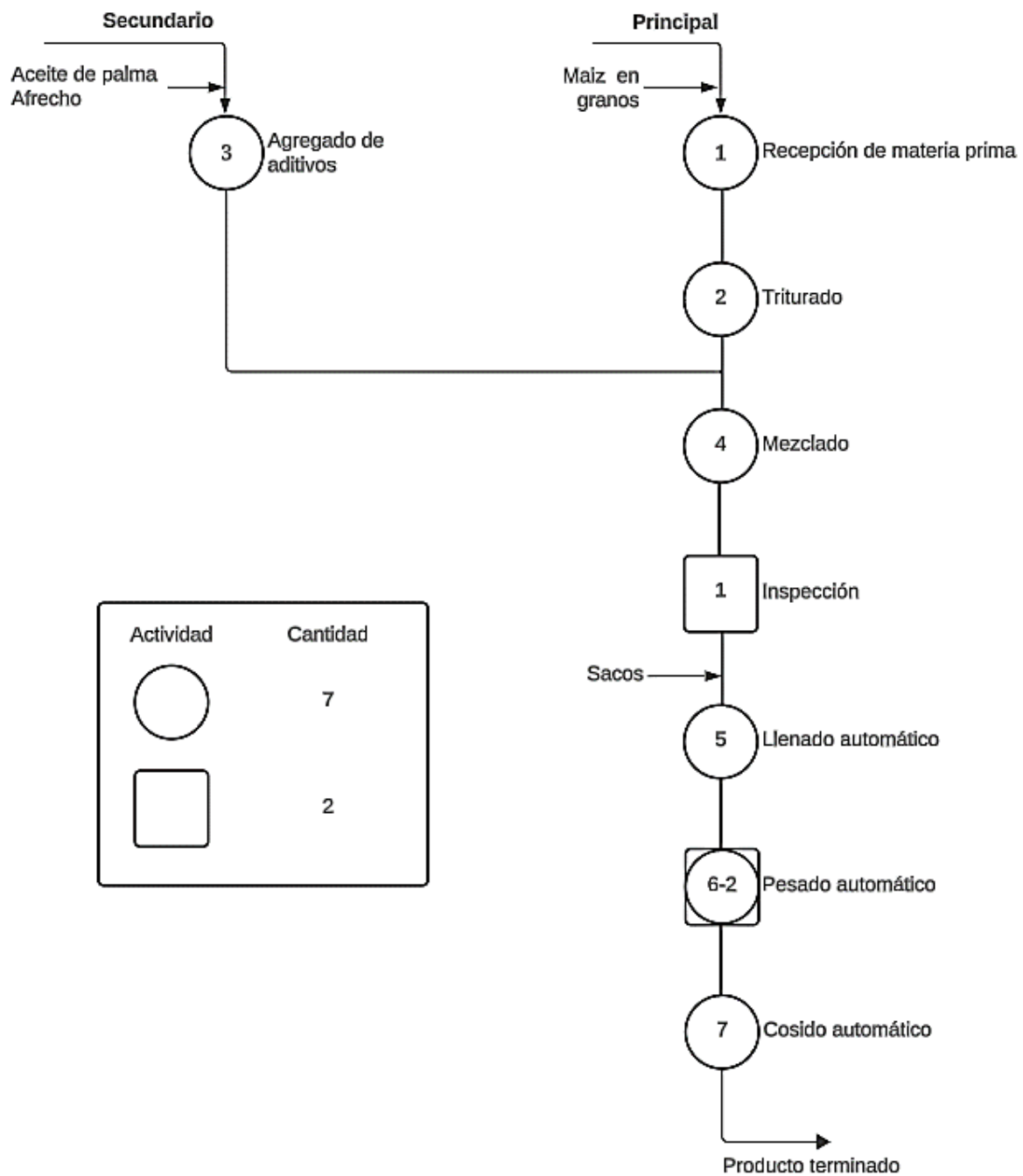
<b>EPP</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Guantes badana	S/ 13,00	7	S/ 91,00
Guantes nylon	S/ 7,00	7	S/ 49,00
Zapatos dieléctricos	S/ 210,00	4	S/ 840,00
Zatos punta de acero	S/ 180,00	5	S/ 900,00
Lentes	S/ 6,00	18	S/ 108,00
Casco	S/ 35,00	9	S/ 315,00
<b>Total</b>			<b>S/ 2.303,00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

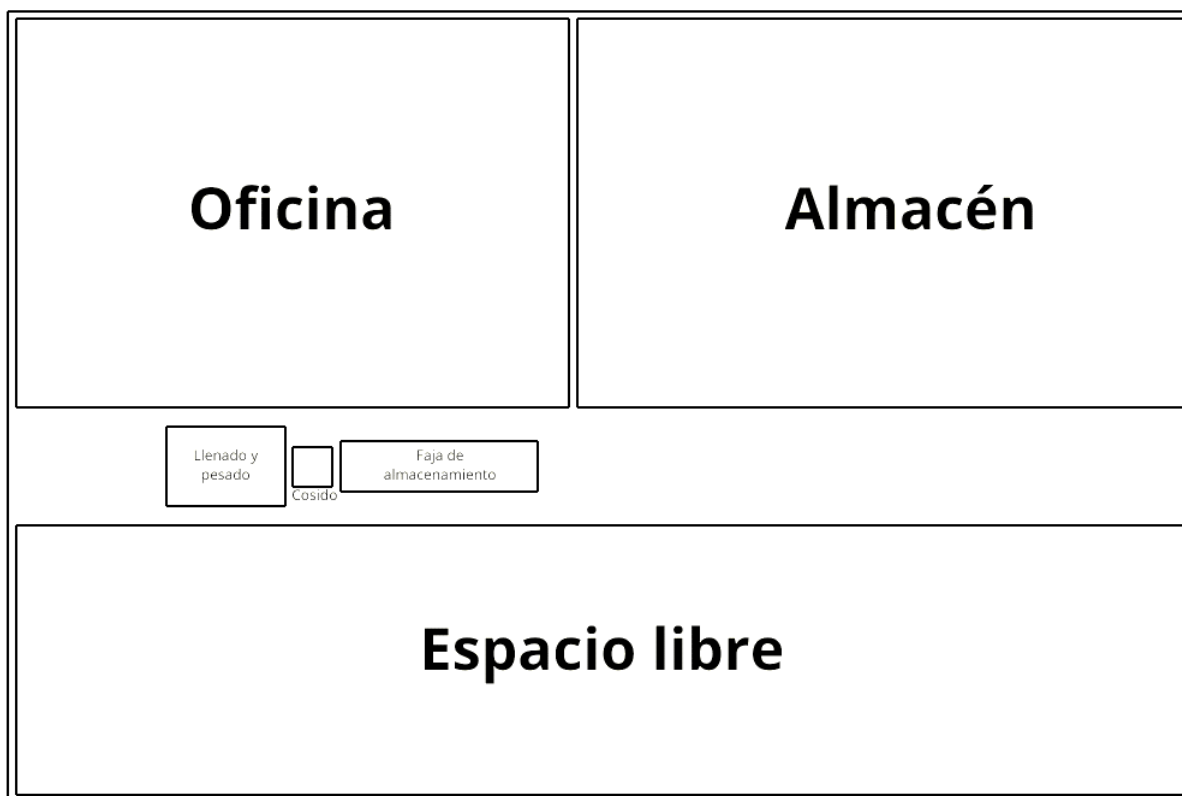
**Anexo 27: Gastos administrativos y de ventas**

<b>GAV</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Salarios	S/ 12.000,00	1	S/ 12.000,00
Costos de oficina	S/ 250,00	1	S/ 250,00
Servicios	S/ 230,00	1	S/ 230,00
Comisión por ventas	S/ 3.400,00	1	S/ 3.400,00
Transporte por ventas	S/ 5.000,00	1	S/ 5.000,00
<b>Total</b>			<b>S/ 20.880,00</b>

**Anexo 28: Diagrama de operaciones después de mejora**



**Fuente: Elaboración propia**

*Anexo 29: Diseño de planta*

*Fuente: Elaboración propia*

*Anexo 30: Estado de resultados*

<b>Año/mes</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Ingresos		S/ 945 405	S/ 951 480	S/ 955 260	S/ 947 295	S/ 952 560	S/ 947 160	S/ 957 690	S/ 953 370	S/ 957 015	S/ 948 240	S/ 947 835	S/ 952 695
Costos operativos		S/ 880 529	S/ 886 161	S/ 889 665	S/ 882 281	S/ 887 162	S/ 882 156	S/ 891 918	S/ 887 913	S/ 891 292	S/ 883 157	S/ 882 782	S/ 887 287
GAV		S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880	S/ 20 880
Impuestos (2.18%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad después de impuestos		S/ 43 887	S/ 44 331	S/ 44 607	S/ 44 025	S/ 44 410	S/ 44 016	S/ 44 784	S/ 44 469	S/ 44 735	S/ 44 094	S/ 44 065	S/ 44 420

*Fuente: Elaboración propia**Anexo 31: Flujo de caja*

<b>Año/mes</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Utilidad después de impuestos		S/ 42 932	S/ 43 366	S/ 43 635	S/ 43 067	S/ 43 443	S/ 43 057	S/ 43 809	S/ 43 500	S/ 43 761	S/ 43 134	S/ 43 105	S/ 43 452
Depreciación		S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108	S/ 108
<b>Inversión</b>	<b>S/ 87 146</b>	S/ 42 823	S/ 43 257	S/ 43 527	S/ 42 958	S/ 43 334	S/ 42 949	S/ 43 701	S/ 43 392	S/ 43 652	S/ 43 026	S/ 42 997	S/ 43 344

<b>Año/mes</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>FNE</b>	<b>-S/ 87,146</b>	S/ 42 823	S/ 43 257	S/ 43 527	S/ 42 958	S/ 43 334	S/ 42 949	S/ 43 701	S/ 43 392	S/ 43 652	S/ 43 026	S/ 42 997	S/ 43 344

*Fuente: Elaboración propia*