

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Reducción del costo de la diferencia de inventarios en materias primas y
líquidos en el área de producción para una empresa productora de
alimentos balanceados

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Jonathan Javier Cordero Macías

Diego Sebastián Valdiviezo Morán

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mis padres, ya que con su esfuerzo y dedicación mi única obligación en esta vida ha sido estudiar.

También a mis otros miembros de la familia y amigos por las palabras de aliento en momentos de bajos rendimientos.

Diego Valdiviezo.

Dedico esto a mis padres y hermano por el apoyo incondicional durante toda la vida y en especial a mi prometida, quien ha sido el pilar y el sentido de mi vida desde mucho antes de empezar esta carrera universitaria y que supo darme motivación durante todos estos años. Los amo.

Jonathan Cordero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por el apoyo brindado desde el inicio de la carrera, ellos han sido una fuente de inspiración para que no desmaye en este largo camino que es terminar una carrera en esta universidad.

Agradezco a las diferentes personas que han pasado por mi vida universitaria, ya sea un compañero, amigo o docente, con mención a nuestro tutor PhD. Jorge Abad por estar siempre pendiente de nosotros en cada paso del proyecto.

Diego Valdiviezo.

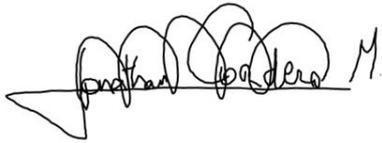
Agradezco a cada maestro que tuve y a los pocos amigos que obtuve en mi vida universitaria ya que siempre aprendí algo nuevo de todos ellos.

Agradezco también al PhD. Jorge Abad quién por medio de sus conocimientos y experiencia nos ayudó en la realización de este proyecto.

Jonathan Cordero

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jonathan Javier Cordero Macías y Diego Sebastián Valdiviezo Moran damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jonathan Cordero M.', with a large, stylized initial 'J' on the left.

Jonathan Javier
Cordero Macías
Autor 1

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Diego Valdiviezo', with a large, stylized initial 'D' on the left.

Diego Sebastián
Valdiviezo Morán
Autor 2

EVALUADOR

Jorge Abad M., Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto es realizado en una compañía que se dedica a la producción de alimentos balanceados. Posee las siguientes divisiones: Salud Animal, que se encarga de la producción de alimento balanceado para ganadería y cerdos; Consumo, que se encarga de la producción de alimento balanceado para mascotas y; Acuicultura que se encarga de la producción de alimento balanceado para camarones. Uno de los objetivos es mejorar el control de inventario para materias primas y líquidos en el área de producción donde existen grandes diferencias entre el inventario que indica el ERP SAP y el Kardex.

Este proyecto utiliza la metodología DMAIC con sus cinco fases: definición, medición, análisis, implementación y control. En la primera fase que es definición, con datos históricos se establece la declaración del problema para materia prima y líquidos; la segunda fase que es medición, con estratificación de datos se establece que área se va a mejorar y se establecen las declaraciones enfocadas; la tercer fase que es análisis, se validan los datos estadísticamente para verificar si las causas son significantes en relación a los problemas enfocados; la cuarta fase, se establece un plan de implementación de las soluciones; en la última fase, se establece un antes y un después para visualizar la mejora.

En este proyecto se logró una reducción del 38% en las diferencias de kilogramos entre el método actual y el método propuesto; también se logró una mejora del 44% en la diferencia absoluta de los costos asociados a la diferencia de inventario entre el método actual y el método propuesto. Por último, se logró una reducción del 61,43% en el costo por diferencia de inventario en los líquidos entre el método actual y el método propuesto.

Palabras Clave: DMAIC, sistema de control, producción, inventario, estratificación.

ABSTRACT

This project is carried out in a company dedicated to the production of balanced foods. It has the following divisions: Animal Health, which is responsible for the production of balanced feed for livestock and pigs; Consumption, which is responsible for the production of balanced food for pets and Aquaculture that is responsible for the production of balanced feed for shrimp. One of the objectives is to improve inventory control for raw materials and liquids in the production area. There are considerable differences between the inventory indicated by the ERP SAP and the Kardex.

This project uses the DMAIC methodology with its five phases: definition, measurement, analysis, implementation, and control. In the first phase, which is definition, with historical data, the problem statement for raw materials and liquids is established. The second phase, which is measurement, with data stratification, establishes which area is going to be improved, and the focused statements are established. In the third phase, which is analysis, the data is statistically validated to verify if the causes are significant concerning the focused problems. In the fourth phase, a solution implementation plan is established. In the last phase, a before and after is established to visualize the improvement.

This project achieved a 38% reduction in kilograms differences between the current and proposed methods. A 44% improvement was also achieved in inventory costs difference between the current method and the proposed method. Finally, a 61.43% inventory cost reduction was achieved in liquids between the current and proposed methods.

Keywords: *DMAIC, control system, production, inventory, stratification.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Metodología DMAIC.....	4
1.4.2 VOC.....	5
1.4.3 SIPOC.....	5
1.4.4 CTQ tree.....	5
1.4.5 5W 2H.....	5
1.4.6 Inventario.....	6
1.4.7 Diferencia de inventario.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología.....	7
2.1 Definición del problema.....	7
2.1.1 Alcance.....	7

2.1.2	Voice of Costumer (VOC)	8
2.1.3	CTQ tree	10
2.1.4	Planteamiento del problema	11
2.1.5	Restricciones del proyecto	12
2.1.6	Triple línea base de sostenibilidad.....	12
2.2	Medición	13
2.2.1	Plan de Recolección de datos.....	14
2.2.2	Estratificación de materia prima.....	15
2.2.3	Estratificación de líquidos	19
2.2.4	Problemas enfocados	20
2.3	Análisis	20
2.3.1	Análisis de causas	20
2.3.2	Plan de verificación de causas.....	28
2.3.3	Verificación de causa raíz (5 porqué)	42
2.4	Mejora	45
2.4.1	Propuesta de mejora.....	45
2.4.2	Priorización de soluciones	45
2.4.3	Plan de implementación de soluciones.....	48
2.4.4	Implementación de soluciones.....	48
2.5	Control.....	56
CAPÍTULO 3.....		57
3.	Resultados y análisis	57
3.1	Resultados de la simulación.....	57
3.2	Resultados de la implementación.....	58
3.3	Resultados de los pilares de sostenibilidad.....	61
3.3.1	Pilar Social.....	61
3.3.2	Pilar Económico	61

3.3.3	Pilar Ambiental.....	62
CAPÍTULO 4.....		63
4.	Conclusiones y recomendaciones	63
4.1	Conclusiones.....	63
4.2	Recomendaciones.....	63
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

VOC Voice of customer

SIPOC Suppliers, inputs, process, output, customer

CTQ Critical to Quality

SIMBOLOGÍA

kg	kilogramo
u	Unidades

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Costo total de diferencia absoluta de inventario de materia prima desde agosto 2020 a febrero 2021	2
Figura 1.2 Costo total de diferencia absoluta de inventario de líquidos desde agosto 2020 a febrero 2021	3
Figura 2.1 Diagrama SIPOC correspondiente al alcance del proyecto.....	8
Figura 2.2 Lluvia de ideas establecidas por el equipo de trabajo para materia prima	9
Figura 2.3 Lluvia de ideas causas establecidas por el equipo de trabajo para líquidos ..	9
Figura 2.4 CTQ Tree del proyecto	10
Figura 2.5 Definición del problema: Materia prima	11
Figura 2.6 Definición del problema: Líquidos.....	12
Figura 2.7 Triple línea base de sostenibilidad (Triple bottom line) del proyecto	13
Figura 2.8 Plan de Recolección de datos para el proyecto	14
Figura 2.9 Materias primas correspondientes a la categoría A de costo por diferencia de inventario	18
Figura 2.10 Estratificación según la división de materias primas de la categoría A	19
Figura 2.11 Lluvia de ideas elaborado por el equipo de trabajo correspondiente a materia prima	21
Figura 2.12 Lluvia de ideas elaborado por el equipo de trabajo correspondiente a líquidos	21
Figura 2.13 Ponderación de causas establecidas por el equipo de trabajo para materia prima	22
Figura 2.14 Ponderación de causas establecidas por el equipo de trabajo para líquidos	23
Figura 2.15 Diagrama de Pareto de la ponderación de causas de materia prima	24
Figura 2.16 Diagrama de Pareto de la ponderación de causas de líquidos	24
Figura 2.17 Causas para clasificar en matriz impacto-control de materia prima	25
Figura 2.18 Matriz impacto-control para causas de materia prima	26
Figura 2.19 Causas para clasificar en matriz impacto-control para líquidos.....	27
Figura 2.20 Matriz impacto-control para causas de líquidos.....	27
Figura 2.21 Plan de Verificación de causas: Materia prima.....	28
Figura 2.22 Identificación de materiales en bodega de materia prima durante 4 días...29	29

Figura 2.23 Diferencias en las mediciones de tolvas para dos operadores.....	30
Figura 2.24 Test de normalidad para las muestras de mediciones de los operadores en tolvas	31
Figura 2.25 Test para diferencia de medias para las mediciones de los operadores en tolvas	31
Figura 2.26 Diferencias de inventario debido a la densidad teórica y densidad del Kardex debido a las densidades	32
Figura 2.27 Test de normalidad para inventario según densidad teórica	33
Figura 2.28 Test de normalidad para inventario según densidad del kardex	33
Figura 2.29 Test de Mann-Whitney para diferencia de medias entre el inventario según la densidad teórica y en inventario según la densidad del kardex.....	34
Figura 2.30 Test de normalidad para sacos olvidados de materia prima en el piso de producción.....	35
Figura 2.31 Test de Wilcoxon para la muestra de sacos olvidados de materia prima en el piso de producción	35
Figura 2.32 Plan de verificación final de materia prima	36
Figura 2.33 Plan de verificación de causas: Líquidos.....	36
Figura 2.34 Mediciones de stock de líquidos correspondientes a dos operadores	37
Figura 2.35 Test de normalidad para mediciones de stock del operador 1	38
Figura 2.36 Test de normalidad para mediciones de stock del operador 2	38
Figura 2.37 Test t-student para dos muestras	39
Figura 2.38 Diferencias entre dosificaciones teóricas y reales en líquidos.....	40
Figura 2.39 Test de normalidad para diferencia entre dosificación teórica y dosificación real	41
Figura 2.40 Test de Wilcoxon para diferencia entre dosificación teórica y dosificación real	41
Figura 2.41 Plan de verificación final de líquidos.....	42
Figura 2.42 Evaluación 5 por qué para la causa: Densidades incorrectas de materias primas en el Kardex.....	43
Figura 2.43 Evaluación 5 porqué para la causa: Mediciones de inventario de materia prima en tolvas no precisas	44
Figura 2.44 Evaluación 5 por qué para la causa: Errores de dosificaciones en líquidos.	44

Figura 2.45 Matriz impacto-esfuerzo para soluciones	47
Figura 2.46 Captura de pantalla de la hoja Densidades	50
Figura 2.47 Captura de pantalla de la hoja Tolvas	51
Figura 2.48 Captura de pantalla de la hoja Inventario	52
Figura 2.49 Instructivo para uso de nuevo control de stock de inventarios en tolvas	53
Figura 2.50 Formato del operador	54
Figura 2.51 Formato del auxiliar de producción.....	55
Figura 3.1 Diagrama de cajas de antes y después de la solución 2 para materias primas	59
Figura 3.2 Diagrama de cajas de antes y después de la solución para líquidos	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación ABC de materias primas.....	15
Tabla 2.2 Clasificación ABC de líquidos.....	19
Tabla 2.3 Posibles soluciones a cada causa raíz.....	45
Tabla 2.4 Escalas de esfuerzo para ponderar las posibles soluciones.....	46
Tabla 2.5 Escalas de impacto para ponderar las posibles soluciones.....	46
Tabla 2.6 Soluciones que se deben implementar.....	47
Tabla 2.7 Plan de implementación de soluciones.....	48
Tabla 2.8 Actividades a realizar para ejecución de la solución.....	49
Tabla 2.9 Plan de control.....	56
Tabla 3.1 Antes y después de solución simulada.....	57
Tabla 3.2 Situación antes de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para materia prima.....	58
Tabla 3.3 Situación después de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para materia prima.....	59
Tabla 3.4 Situación antes de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para líquidos.....	60
Tabla 3.5 Situación después de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para líquidos.....	60
Tabla 3.6 Resultados del pilar económico del proyecto.....	62
Tabla 3.7 Porcentajes de reducción de líquidos.....	62

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La compañía donde se realiza el proyecto se encuentra involucrada en el mercado agropecuario desde el año 1972, ofertando a su clientela diversos productos como alimentos balanceados para camarón, pescados, pollo, ganado, cerdo, perro y gatos. La línea de producción de la fábrica está dividida en tres sectores como: salud animal, acuacultura y consumo (Agripac S.A., 2021). En la planta se maneja información desde la planificación de producción hasta el operador donde se detectan problemas con respecto al inventario de materia prima y líquidos ocasionando desajustes entre el inventario del sistema SAP y el inventario físico en el área de producción, los mismos que la compañía tiene como desafío solucionar. Como indica (Flamarique, 2018), una correcta gestión de inventario reduce al máximo las operaciones de manutención y el tiempo de dedicación a esta actividad.

1.1 Descripción del problema

La compañía presenta una alta diferencia entre el inventario del sistema SAP y el inventario físico en el área de producción, ocasionando elevados costos para la compañía y poca confiabilidad en la información de inventarios que se maneja.

En la compañía, más específicamente en el área de producción, el sistema de control de inventario para materia prima y líquidos se maneja por medio de un conteo manual de inventario, el cual es realizado diariamente al final de cada uno de los dos turnos que posee la compañía y luego, la información es compilada e ingresada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Las diferencias de inventario se reflejan en el momento que se realizan las liquidaciones de inventario, en donde los niveles de inventario disponible, luego de restar lo disponible inicialmente menos lo utilizado en producir, no coinciden con los niveles de inventario obtenidos en la hoja de cálculo

mencionada anteriormente ocasionando desajustes y pérdidas económicas a la compañía.

1.2 Justificación del problema

Mantener diferencias entre el inventario físico en producción y el inventario según el sistema SAP genera incertidumbre y costos adicionales para la compañía al no saber cuánto realmente se tiene de cada materia prima o líquidos (Flamarique, 2018). En las figuras 1.1 y 1.2 se presentan los costos totales por la diferencia absoluta de inventario por mes en el periodo desde agosto de 2020 hasta febrero de 2021 para materia prima y para líquidos respectivamente.

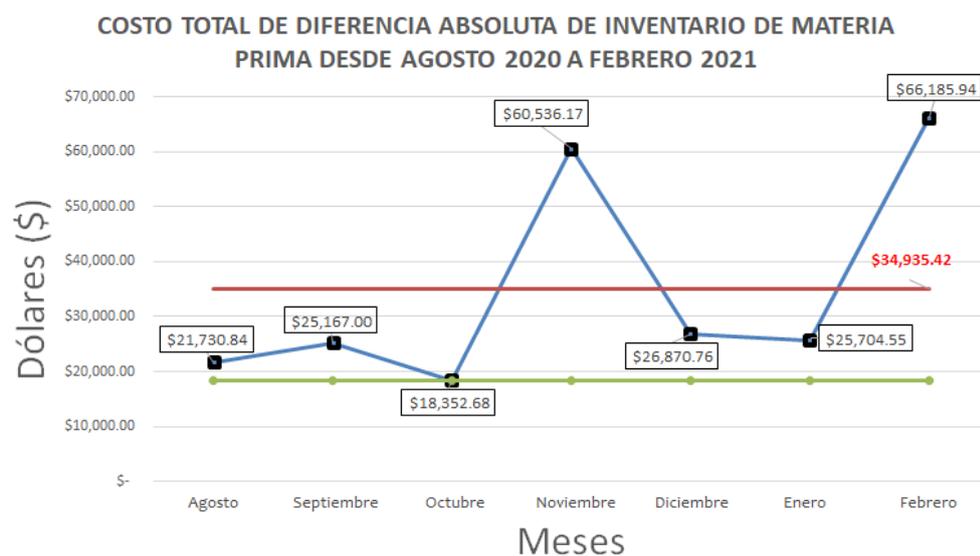


Figura 1.1 Costo total de diferencia absoluta de inventario de materia prima desde agosto 2020 a febrero 2021

Fuente: Elaboración Propia

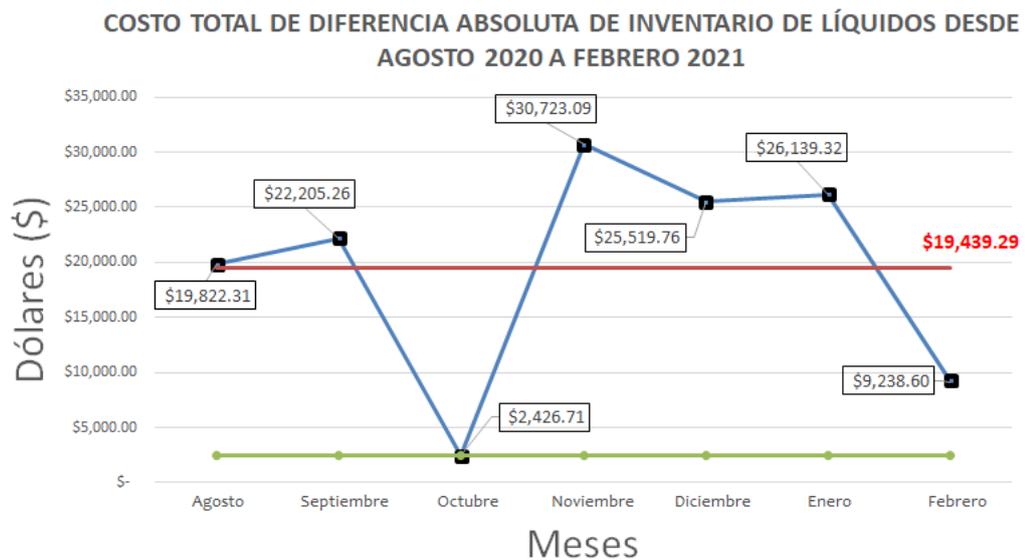


Figura 1.2 Costo total de diferencia absoluta de inventario de líquidos desde agosto 2020 a febrero 2021

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en las figuras 1.1 y 1.2 los costos mensuales de las diferencias absolutas de inventario alcanzan promedios de \$34,935.42 y \$19,439.29 respectivamente. Estos altos costos son los que la compañía tiene como objetivo reducir y serán el enfoque de este proyecto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el costo mensual en la diferencia absoluta de inventario de materia prima en el área de producción en un 47.47% y reducir el costo mensual en la diferencia absoluta de inventario de líquidos en un 87.57% con respecto a sus promedios.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Asegurar una buena manipulación de materiales, para reducir la diferencia de inventario.
- Disminuir errores en las cantidades de materiales del kardex, para así lograr una correcta liquidación en materias primas y líquidos.

- Lograr un preciso sistema de medición en las diferentes líneas de producción.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Metodología DMAIC

Metodología creada por Motorola para la mejora de procesos. La utilización de esta metodología principalmente se da en proyectos que utilicen la metodología Six Sigma (Shankar, 2009). El proceso está compuesto por 5 fases que serán explicadas a continuación:

Define (Definir): Es la fase inicial de la metodología, en este punto se deben definir requerimientos del cliente, el problema, el alcance y los objetivos del proyecto para posteriormente diagramar el flujo de proceso en el cual se va a enfocar el equipo de trabajo.

Measure (Medir): Luego de definir el problema, se debe realizar una evaluación de cómo se está desempeñando el proceso en la actualidad para poder identificar las variables que se deben medir y posteriormente evaluar la confiabilidad de estas.

Analyze (Analizar): En la tercera fase se debe analizar todas las posibles causas que estén generando el problema para poder determinar la causa raíz; para esto se utilizan herramientas como la espina de pescado o Ishikawa, diagramas Pareto y la técnica del 5 por qué para identificar de manera clara el fondo del problema y que las oportunidades de mejora puedan ser aplicadas a estas.

Improve (Mejorar): Después de identificar la causa raíz del problema, se deben desarrollar propuestas de solución para lograr la mejora del proceso. En esta etapa se debe desarrollar, implementar y validar estas propuestas.

Control (Controlar): Después de implementar las mejoras desarrolladas en la etapa anterior, se debe garantizar que dichas mejoras van a ser viables a largo plazo para solucionar el problema.

1.4.2 VOC

Es un acrónimo de las palabras en inglés Voice of Customer (Voz del cliente), es una de las principales herramientas de esta metodología ya que ayuda a definir las necesidades y requerimientos del cliente en su búsqueda por solucionar un problema. Los medios más utilizados para capturar esta información son las entrevistas, observaciones, focus group, encuestas, entre otros.

1.4.3 SIPOC

Es una herramienta importante dentro de la metodología debido a que permite observar un flujo más detallado del proceso, desde entradas hasta salidas de cada actividad realizada. Es un acrónimo de las palabras en inglés Supplier, Inputs, Process, Output, Customer (Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes).

1.4.4 CTQ tree

Viene de las palabras en inglés Critical to Quality tree (Árbol crítico de la calidad) es una herramienta que permite transformar los requerimientos del cliente recolectados en el VOC en variables medibles (The Council for Six Sigma Certification, 2018).

1.4.5 5W 2H

Es una herramienta que se utiliza para analizar un problema respondiendo 5 preguntas clave: ¿What (Qué)?, ¿Where (Dónde)?, ¿When (Cuándo)?, ¿How much (Qué tanto) ?, ¿How do I know (Cómo lo sé)? Esta herramienta nos permite identificar de manera clara el problema para que pueda ser definido (Gutiérrez, 2010).

1.4.6 Inventario

Es el total de recursos que mantiene una compañía para que exista un equilibrio entre oferta y demanda. También se lo puede definir como los recursos que se mantienen sin uso hasta el momento en que se los necesite (Guerrero, 2017).

1.4.7 Diferencia de inventario

La diferencia de inventario se refiere a cuando la información teórica sobre la cantidad y total de existencias disponibles difiere de la cantidad y total real en la compañía.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El actual proyecto se desarrolló mediante la aplicación de la metodología de mejora continua DMAIC, la cual se compone de 5 etapas como se mencionó en el capítulo anterior. A continuación, se expone cada etapa junto con las herramientas utilizadas para lograr su correcta implementación en el proyecto.

2.1 Definición del problema

En esta etapa se definió el alcance del proyecto mediante la herramienta SIPOC. Luego, se recolectaron los requerimientos de los clientes internos, es decir del personal de la compañía, para esto se conformó un equipo de trabajo entre parte del personal de la compañía y los desarrolladores del proyecto. Posteriormente los requerimientos fueron transformados en variables de medición y con esto, se definió el indicador del proyecto.

2.1.1 Alcance

El alcance fue definido mediante el uso de la herramienta SIPOC, en donde se detallaron los procesos que iban a ser objeto de estudio de este proyecto. En la figura 2.1 se muestra el SIPOC para el desarrollo del proyecto.

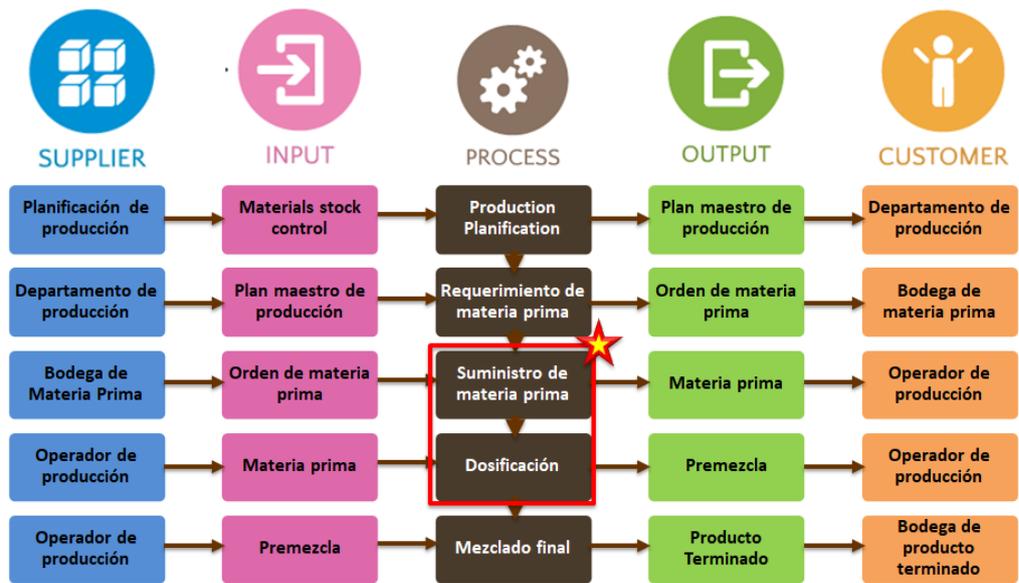


Figura 2.1 Diagrama SIPOC correspondiente al alcance del proyecto

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama SIPOC se encuentran marcados con un recuadro rojo los procesos en que se enfoca este proyecto; suministro de materia prima y dosificación.

2.1.2 Voice of Customer (VOC)

Una vez definido el alcance del proyecto, se utilizó la herramienta VOC para recolectar información relacionada a los requerimientos del personal de la compañía (Yang, 2007), para realizar esto se identificó a las partes interesadas en el proyecto: el jefe de producción, los asistentes de producción, los auxiliares de producción y los operadores. Tanto en la figura 2.2 como la 2.3 se muestra que las partes interesadas fueron entrevistadas, posteriormente se realizaron dos lluvias de ideas: una para materia prima y una para líquidos con la información aportada por cada uno de ellos.

LLUVIA DE IDEAS



Figura 2.2 Lluvia de ideas establecidas por el equipo de trabajo para materia prima

Fuente: Elaboración propia

LLUVIA DE IDEAS



Figura 2.3 Lluvia de ideas causas establecidas por el equipo de trabajo para líquidos

Fuente: Elaboración propia

Con la información recolectada mediante la herramienta lluvia de ideas se procedió a elaborar un CTQ tree para obtener variables medibles.

2.1.3 CTQ tree

Una vez recolectadas las necesidades y opiniones de los clientes internos, como se puede observar en la figura 2.4. Se procede a transformar estas necesidades en variables medibles por medio de la herramienta árbol de crítico de la calidad.

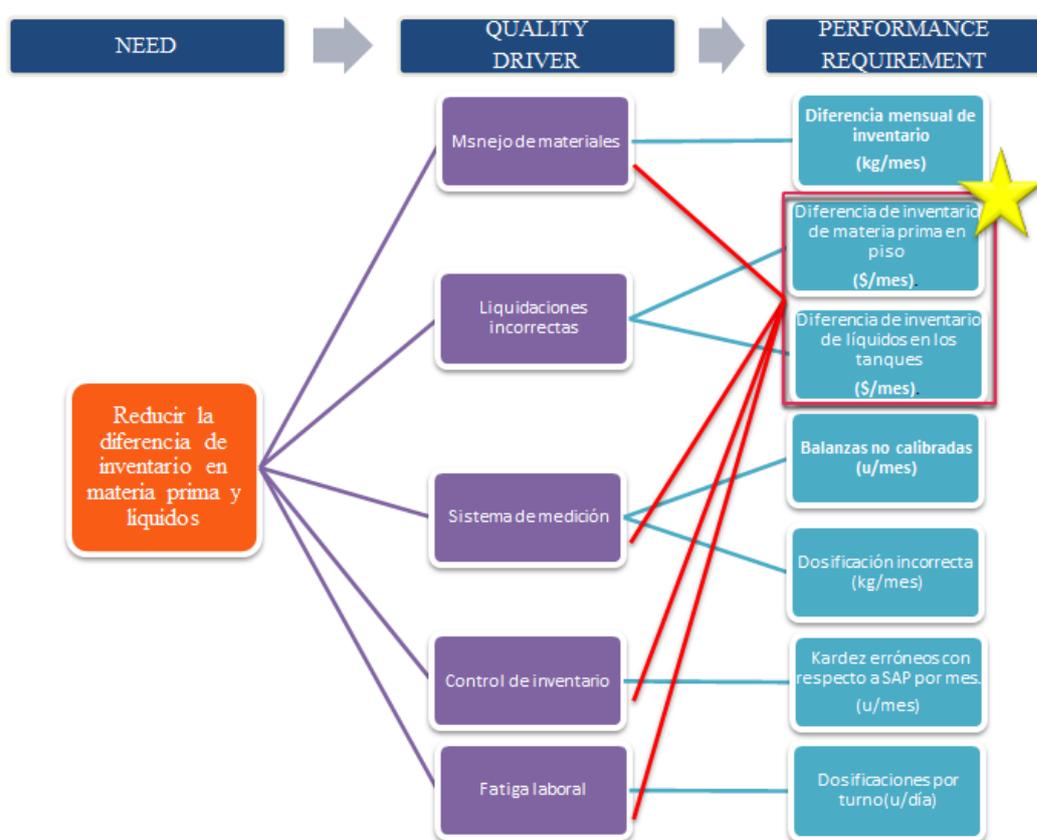


Figura 2.4 CTQ Tree del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Al aplicar la herramienta CTQ Tree, se determinó como variables de respuesta para materia prima y líquidos las siguientes: Diferencia de inventario de materia prima en piso de producción (\$/mes) y Diferencia de inventario de líquidos en los tanques (\$/mes). La ecuación 2.1 muestra estas variables de respuesta:

$$Y = \sum_{i=1}^n \{ |Inventario\ total\ en\ el\ sistema - inventario\ total\ fisico| \times Costo\ unitario\ del\ material \}_n \quad (2.1)$$

2.1.4 Planteamiento del problema

Luego de haber recolectado toda la información mencionada en los puntos anteriores, se procedió a realizar las definiciones formalizadas de los problemas mediante la herramienta 3w+2h. Los problemas quedaron establecidos de la siguiente manera:

El costo de la diferencia de materias primas entre el inventario del sistema y el inventario físico del área de producción de una empresa de alimentos balanceados durante el período comprendido entre agosto de 2020 y febrero de 2021, como se puede ver en la figura 2.5, fue de \$ 34,935.42. Sin embargo, la compañía requiere reducirlo a \$ 18,352.68.

What	When	Where	How much	How do I know
<ul style="list-style-type: none"> Diferencia de costo entre el inventario del sistema y el inventario físico de materia prima 	<ul style="list-style-type: none"> De Agosto 2020 a Febrero 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> En el área de producción de la compañía 	<ul style="list-style-type: none"> El costo promedio fue \$34,935.42. 	<ul style="list-style-type: none"> La compañía requiere reducirlo a \$18,352.68.

Figura 2.5 Definición del problema: Materia prima

Fuente: Elaboración propia

El costo de la diferencia de líquidos entre el inventario del sistema y el inventario físico de un área de producción de una empresa de alimentos balanceados durante el período comprendido entre agosto de 2020 y febrero de 2021, como se puede ver en la figura 2.6, fue de \$ 19,439.29. Sin embargo, la compañía requiere reducirlo a \$ 2,426.71.

What	When	Where	How much	How do I know
<ul style="list-style-type: none"> Diferencia de costo entre el inventario del sistema y el inventario físico de líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> De Agosto 2020 a Febrero 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> En el área de producción de la compañía 	<ul style="list-style-type: none"> El costo promedio fue \$19,439.29. 	<ul style="list-style-type: none"> La compañía requiere reducirlo a \$2,426.71.

Figura 2.6 Definición del problema: Líquidos

Fuente: Elaboración propia

2.1.5 Restricciones del proyecto

Las restricciones para el presente proyecto fueron definidas en conjunto con el equipo de trabajo y se listan a continuación:

- Las líneas de producción no pueden ser modificadas.
- Los operadores muestran resistencia a los cambios.
- No es posible asignar un operador permanente que maneje y controle todo el flujo de información de inventario.
- No puede haber cambios en el personal.

2.1.6 Triple línea base de sostenibilidad

Para medir los resultados de este proyecto, se definieron objetivos basados en 3 indicadores de sostenibilidad, todo esto detallado en la figura 2.7.

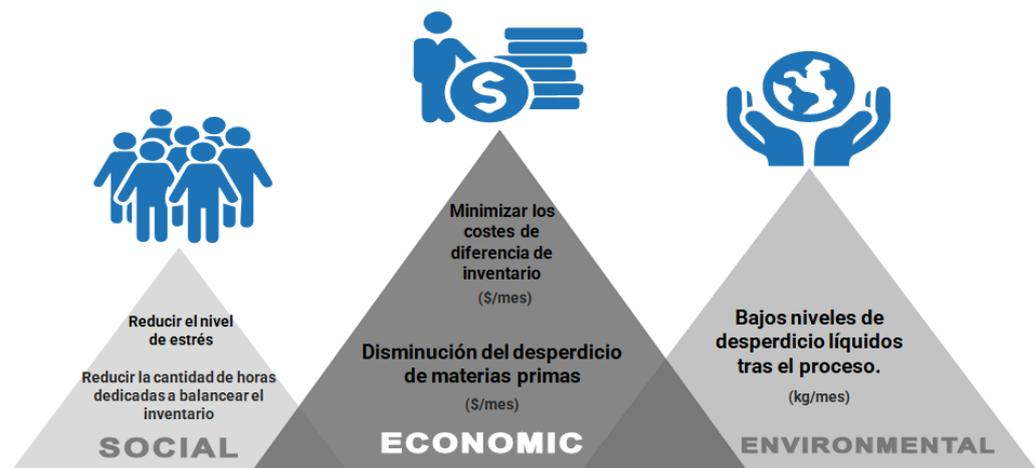


Figura 2.7 Triple línea base de sostenibilidad (Triple bottom line) del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Para el pilar social se establecieron los siguientes objetivos:

- Reducir el nivel de estrés.
- Reducir la cantidad de horas dedicadas a balancear el inventario.

Para el pilar económico se establecieron los siguientes objetivos:

- Minimizar los costos de diferencia de inventario.
- Disminuir el desperdicio de materia prima.

Para el pilar ambiental se estableció el siguiente objetivo:

- Reducir los niveles de desperdicio de líquidos tras el proceso.

2.2 Medición

En esta segunda etapa, se recolectó información por medio de una data histórica facilitada por la compañía de las variables que guardan relación con el indicador planteado en la sección anterior.

2.2.1 Plan de Recolección de datos

El plan de recolección ayuda a identificar los tipos de datos que contiene la data histórica proporcionada, junto con su significado operacional. Como se observa en la figura 2.8 se puede definir quién va a recolectar y validar esta información, donde se la puede verificar y cuando se lo realizará para realizar una investigación de manera sistematizada. A continuación, se presenta el plan de recolección de datos realizado para el proyecto.

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS: MATERIA PRIMA Y LÍQUIDOS								
¿Quién?	¿Qué?				¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Por qué?
Persona a cargo	Nomenclatura	Significado operacional	Unidad de medición	Tipo de datos	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de recolección	¿Por qué recolectarlos?
Valdiviezo - Cordero	X1	Cantidad de materias primas en SAP	Kg	Cuantitativos - Continuos	Base de datos SAP	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá validar que la información de la materia prima en SAP está actualizada
Valdiviezo - Cordero	X2	Cantidad de líquidos en SAP	Kg	Cuantitativos - Continuos	Base de datos SAP	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá la validación de que la información de líquidos en SAP está actualizada
Valdiviezo - Cordero	X3	Cantidad de materias primas en el piso de producción	Kg	Cuantitativos - Continuos	Área de producción	Durante la etapa de medición	GEMBA	Porque permitirá validar que la información de la materia prima en el piso de producción es correcta.
Valdiviezo - Cordero	X4	Registros Kardex	NA	Cualitativos	Base de datos Excel	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá validar que la información registrada en el inventario de materias primas por el auxiliar de producción es correcta.
Valdiviezo - Cordero	X5	Registro físico de materias primas en tolvas	Kg	Cuantitativos - Continuos	Área de producción	Durante la etapa de medición	GEMBA	Porque permitirá validar la forma de medir el nivel de materia prima en las tolvas.
Valdiviezo - Cordero	X6	Costo unitario de materia prima	\$	Cuantitativos - Continuos	Base de datos Excel	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá validar el coste generado por la diferencia de materias primas
Valdiviezo - Cordero	X7	Costo unitario de líquidos	\$	Cuantitativos - Continuos	Base de datos SAP	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá validar el costo generado por la diferencia de líquidos
Valdiviezo - Cordero	X8	División de materia prima	NA	Cualitativos	Base de datos SAP	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá validar que la información de la división de materias primas en SAP es la más reciente.
Valdiviezo - Cordero	X9	División de líquidos	NA	Cualitativos	Base de datos SAP	Durante la etapa de medición	Observación directa	Porque permitirá validar que la información de la división de líquidos en SAP es la más reciente.

Figura 2.8 Plan de Recolección de datos para el proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Estratificación de materia prima

En la parte de estratificación teniendo en cuenta el objetivo planteado en la fase anterior, se va a analizar otros tipos de consideraciones para poder generar un mejor impacto para reducir la diferencia de inventario. Para esto, se realizó una clasificación ABC de productos debido al alto número de productos que existen en la categoría de materia prima en donde no todos poseen una diferencia de inventario significativa. Como se puede observar en la tabla 2.1, esta clasificación se basó en el criterio de costo total por diferencia de inventario para cada producto y se presenta a continuación.

Tabla 2.1 Clasificación ABC de materias primas

Fuente: Elaboración propia

Descripción de material	División	Costo total (\$)	Costo total acumulado (\$)	frec. Rel.	frec. Rel. Acum.	Clase
H. De pollo importada alta ac-co	CO	\$ 37,617.84	\$ 37,617.84	15.38%	15.38%	A
Fpi proteína líquida	SA-AC	\$ 28,192.41	\$ 65,810.25	11.53%	26.91%	
Peptonas/hemoglobina porcina	AC	\$ 23,894.20	\$ 89,704.45	9.77%	36.68%	
H. De pescado pelagico	AC	\$ 10,860.85	\$ 100,565.30	4.44%	41.12%	
Polvillo	SA-AC	\$ 10,118.12	\$ 110,683.42	4.14%	45.26%	
Palmiste	SA	\$ 10,059.60	\$ 120,743.02	4.11%	49.37%	
Harina de calamar (pota)	SA-AC-CO	\$ 8,144.82	\$ 128,887.84	3.33%	52.70%	
H. De pescado atun m comercio	SA-AC-CO	\$ 8,046.19	\$ 136,934.03	3.29%	55.99%	
Arrocillo	SA-CO	\$ 7,547.94	\$ 144,481.96	3.09%	59.08%	
H. Pescado wellness 68%	AC	\$ 7,143.39	\$ 151,625.35	2.92%	62.00%	
Saborizante 10-I	CO	\$ 7,053.72	\$ 158,679.07	2.88%	64.89%	
Lecitina.líquida	SA-AC	\$ 6,640.54	\$ 165,319.62	2.72%	67.60%	
Lucta mold líquido	SA-AC-CO	\$ 6,574.35	\$ 171,893.96	2.69%	70.29%	
H. De pollo baja (oscura)	SA-AC-CO	\$ 6,392.22	\$ 178,286.18	2.61%	72.90%	
Emulsificante	CO	\$ 6,140.33	\$ 184,426.50	2.51%	75.42%	
Gluten de maiz	CO	\$ 5,197.77	\$ 189,624.27	2.13%	77.54%	
Saborizante sens 9p	CO	\$ 4,558.03	\$ 194,182.30	1.86%	79.40%	
Nucle nutra pro optical gato		\$ 3,715.46	\$ 197,897.76	1.52%	80.92%	B

Afrecho de cerveza	SA-CO	\$ 3,646.02	\$ 201,543.77	1.49%	82.41%		
Levadura de cerveza	SA-CO	\$ 3,500.31	\$ 205,044.08	1.43%	83.85%		
Fosfato di calcico	SA-CO	\$ 3,385.69	\$ 208,429.77	1.38%	85.23%		
Saborizante zoadigest dog	CO	\$ 2,917.53	\$ 211,347.30	1.19%	86.42%		
Gluten de trigo	CO	\$ 2,761.62	\$ 214,108.92	1.13%	87.55%		
Imnhisal	SA	\$ 2,696.43	\$ 216,805.35	1.10%	88.66%		
Premix wellness perro adulto rmg	CO	\$ 2,624.77	\$ 219,430.12	1.07%	89.73%		
Hydrotech-plus		\$ 2,066.73	\$ 221,496.85	0.85%	90.57%		
Pasta de maracuya	SA	\$ 1,690.02	\$ 223,186.88	0.69%	91.27%		
Harina de cerdo	CO	\$ 1,659.55	\$ 224,846.43	0.68%	91.94%		
Hidrotech	AC	\$ 1,637.30	\$ 226,483.73	0.67%	92.61%		
Luctasalm-z limpieza	SA-AC-CO	\$ 1,592.18	\$ 228,075.91	0.65%	93.26%		
Yes . Hidrolized 37%	CO	\$ 1,581.36	\$ 229,657.27	0.65%	93.91%		
Probiotico mascotas	0	\$ 1,335.00	\$ 230,992.27	0.55%	94.46%		
Afrecho de trigo	SA	\$ 1,301.56	\$ 232,293.83	0.53%	94.99%		
Kgluctasalm Is	SA-AC-CO	\$ 1,161.00	\$ 233,454.83	0.47%	95.46%		C
Dioxido titanio liquido (sisco bl-100)	CO	\$ 1,146.08	\$ 234,600.91	0.47%	95.93%		
Pigmento chocolate liquido	CO	\$ 1,109.05	\$ 235,709.96	0.45%	96.39%		
Carbonato de calcio fino	SA-AC-CO	\$ 1,056.84	\$ 236,766.80	0.43%	96.82%		
Hemofast 1kg		\$ 830.93	\$ 237,597.73	0.34%	97.16%		
Harina krill meal		\$ 772.16	\$ 238,369.89	0.32%	97.47%		
Harina de trigo	CO	\$ 716.22	\$ 239,086.11	0.29%	97.77%		
Nucleo nutra pro adulto rpm	CO	\$ 478.10	\$ 239,564.21	0.20%	97.96%		
Arbocel	SA-CO	\$ 478.08	\$ 240,042.29	0.20%	98.16%		
Harina de salmon	CO	\$ 458.60	\$ 240,500.89	0.19%	98.35%		
Harina de grill aqua 1kg		\$ 443.45	\$ 240,944.34	0.18%	98.53%		
Aglutinante	SA-AC	\$ 440.78	\$ 241,385.12	0.18%	98.71%		
Plasma animal	SA-CO	\$ 436.21	\$ 241,821.33	0.18%	98.89%		
Zeolpac plus 25 kg	SA-AC-CO	\$ 356.15	\$ 242,177.48	0.15%	99.03%		
Actipal h18 20 kg		\$ 337.75	\$ 242,515.23	0.14%	99.17%		
Carbonato de calcio		\$ 274.42	\$ 242,789.65	0.11%	99.28%		
Agrileche 20kg	CO	\$ 256.80	\$ 243,046.45	0.11%	99.39%		
Clara de huevo el polvo	CO	\$ 198.36	\$ 243,244.81	0.08%	99.47%		

Protam plus 25kg	CO	\$ 180.00	\$ 243,424.81	0.07%	99.54%
Acido fosforico ba	CO	\$ 136.68	\$ 243,561.48	0.06%	99.60%
Nucleo nutra pro cachorro	CO	\$ 123.75	\$ 243,685.23	0.05%	99.65%
Adinox liquidos	AC	\$ 121.34	\$ 243,806.57	0.05%	99.70%
Bentonita	SA-AC	\$ 109.50	\$ 243,916.07	0.04%	99.74%
Premix wellness gato adulto	CO	\$ 97.17	\$ 244,013.24	0.04%	99.78%
Harina de huevo	CO	\$ 95.90	\$ 244,109.14	0.04%	99.82%
Almidon de yuca	CO	\$ 73.50	\$ 244,182.64	0.03%	99.85%
Premix wellness gato kitten 25kg	CO	\$ 68.05	\$ 244,250.69	0.03%	99.88%
Fosfato monocalcico 50 kg	AC	\$ 62.79	\$ 244,313.48	0.03%	99.90%
Zeolpac 30 kg		\$ 41.54	\$ 244,355.02	0.02%	99.92%
Proliant tm 1000	SA	\$ 41.25	\$ 244,396.27	0.02%	99.94%
Filax liquido	CO	\$ 34.30	\$ 244,430.57	0.01%	99.95%
Carbonapac premium malla 200 40kg		\$ 24.55	\$ 244,455.12	0.01%	99.96%
Oxitetraciclina 25 kgs.	AC	\$ 21.42	\$ 244,476.54	0.01%	99.97%
Grasa vacuno	CO	\$ 16.08	\$ 244,492.62	0.01%	99.98%
Carbonapac premium malla 100 40kg		\$ 14.02	\$ 244,506.65	0.01%	99.98%
Carbonapac malla 200 micras 40kg		\$ 13.17	\$ 244,519.82	0.01%	99.99%
Azucar blanca	SA-CO	\$ 11.35	\$ 244,531.17	0.00%	99.99%
Carbonapac 40 kg		\$ 5.77	\$ 244,536.94	0.00%	100.00%
Tripolifosfato	CO	\$ 4.55	\$ 244,541.49	0.00%	100.00%
Premix wellness crmg perro 25 kg	CO	\$ 4.08	\$ 244,545.57	0.00%	100.00%
Pulpa de remolacha		\$ 0.96	\$ 244,546.53	0.00%	100.00%
Maicena	CO	\$ 0.77	\$ 244,547.30	0.00%	100.00%
H. De pollo nacional (viceramas)	AC	\$ 0.63	\$ 244,547.93	0.00%	100.00%
Soya concentrada (prueba)		\$ -	\$ 244,547.93	0.00%	100.00%

En la Tabla 2.1 se muestra las materias primas con sus respectivos costos. De esta clasificación ABC, se seleccionaron los productos categoría A para centrar el análisis de diferencia de inventario en estos productos ya que

estos representan el 80% del costo de la diferencia de inventario mensual de la compañía. En la figura 2.9 se muestran los productos de categoría A.

MATERIAL DESCRIPTION	DIVISION	TOTAL MEDITIONS: 7		TOTAL VALUES					CATEGORY
		ABSOLUTE FREQUENCY	RELATIVE FREQUENCY	ABSOLUTE TOTAL DIFFERENCE (kg)	TOTAL COST (\$)	CUMUL TOTAL COST (\$)	REL FREQ	FREQ AC	
H. DE POLLO IMPORTADADA ALTA AC-CO	CO	7	100.00%	35,156.87	\$ 37,617.84	\$ 37,617.84	15.38%	15.38%	A
FPI PROTEINA LIQUIDA	SA-AC	6	85.71%	14,760.42	\$ 28,192.41	\$ 65,810.25	11.53%	26.91%	
PEPTONAS/HEMOGLOBINA PORCINA	AC	6	85.71%	15,823.98	\$ 23,894.20	\$ 89,704.45	9.77%	36.68%	
H. DE PESCADO PELAGICO	AC	5	71.43%	8,688.68	\$ 10,860.85	\$ 100,565.30	4.44%	41.12%	
POLVILLO	SA-AC	6	85.71%	33,727.08	\$ 10,118.12	\$ 110,683.42	4.14%	45.26%	
PALMISTE	SA	6	85.71%	40,238.40	\$ 10,059.60	\$ 120,743.02	4.11%	49.37%	
HARINA DE CALAMAR (POTA)	SA-AC-CO	5	71.43%	3,736.16	\$ 8,144.82	\$ 128,887.84	3.33%	52.70%	
H. DE PESCADO ATUN M COMERCIO	SA-AC-CO	5	71.43%	6,492.00	\$ 8,046.19	\$ 136,934.03	3.29%	55.99%	
ARROCILLO	SA-CO	7	100.00%	18,869.84	\$ 7,547.94	\$ 144,481.96	3.09%	59.08%	
H. PESCADO WELLNESS 68%	CO	3	42.86%	4,580.12	\$ 7,143.39	\$ 151,625.35	2.92%	62.00%	
SABORIZANTE 10-L	CO	7	100.00%	3,071.00	\$ 7,053.72	\$ 158,679.07	2.88%	64.89%	
LECITINA LIQUIDA	SA-AC	5	71.43%	6,574.80	\$ 6,640.54	\$ 165,319.62	2.72%	67.60%	
LUCTA MOLD LIQUIDO	SA-AC-CO	5	71.43%	1,776.85	\$ 6,574.35	\$ 171,893.96	2.69%	70.29%	
H. DE POLLO BAJA (OSCURA)	SA-AC-CO	6	85.71%	8,638.13	\$ 6,392.22	\$ 178,286.18	2.61%	72.90%	
EMULSIFICANTE	CO	5	71.43%	2,753.51	\$ 6,140.33	\$ 184,426.50	2.51%	75.42%	
GLUTEN DE MAIZ	CO	7	100.00%	4,158.28	\$ 5,197.77	\$ 189,624.27	2.13%	77.54%	

Figura 2.9 Materias primas correspondientes a la categoría A de costo por diferencia de inventario

Fuente: Elaboración propia

División donde pertenecen los productos

En base a las materias primas que generan el mayor costo por diferencia de inventario, como se observa en la figura 2.10 se realiza una segunda estratificación por medio de un Pareto, para clasificarlas según la división a la que pertenecen, sea esta Salud animal, Acuicultura o consumo para de esa manera enfocar el proyecto en las divisiones que cuenten con el mayor costo por diferencia de inventario.

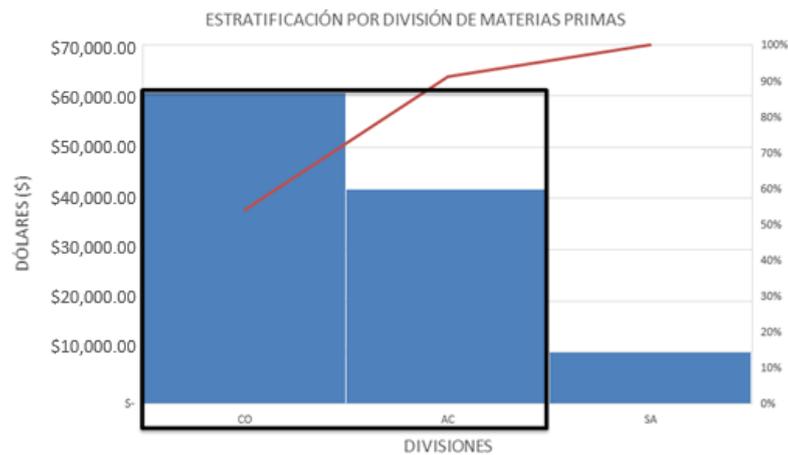


Figura 2.10 Estratificación según la división de materias primas de la categoría A

Fuente: Elaboración propia

Luego de esta estratificación, se obtuvo que las divisiones en donde se generan los mayores costos por diferencia de inventario son las de consumo y acuicultura.

2.2.3 Estratificación de líquidos

De igual manera como en la parte de materia prima teniendo en cuenta el objetivo planteado en la fase anterior (Define), se analizó en base al costo total por diferencia de inventario y se realizó una clasificación ABC para obtener los líquidos que pertenecen a la categoría A.

Tabla 2.2 Clasificación ABC de líquidos

Fuente: Elaboración propia

Descripción de material	División	Costo total (\$)	Costo total acumulado (\$)	Frec. Rel.	Frec. Rel. Acum.	Clase
Aceite de pescado dosificado	Ac	\$ 60,478.35	\$ 60,478.35	58.45%	58.45%	A
Aceite de pollo	Co	\$ 25,919.82	\$ 86,398.18	25.05%	83.50%	
Aceite de palma	Sa-co	\$ 16,538.20	\$ 102,936.38	15.98%	99.48%	B - C
MELAZA	SA	\$ 535.29	\$ 103,471.67	0.52%	100.00%	

De acuerdo con la Tabla 2.2 se determina los costos de la diferencia de inventario en los líquidos.

Después de realizar la clasificación ABC para líquidos se llegó a la conclusión de que se deberán analizar los 4 líquidos existentes en el análisis debido a que la compañía requería reducir su diferencia promedio de inventario en un 88%, por lo tanto, se considerarán todos los líquidos indistintamente de su categoría.

2.2.4 Problemas enfocados

Luego de las estratificaciones se procedió a definir los problemas enfocados de la materia prima que quedan de la siguiente manera:

- Reducir el costo de la diferencia de inventario de materias primas entre el inventario del sistema y el inventario físico de \$12,113.54 a \$4,558.03 dólares en la división de Consumo.
- Reducir el costo de la diferencia de inventario de materias primas entre el inventario del sistema y el inventario físico de \$13,966.15 a \$7,143.39 dólares en la división de Acuicultura.

Para líquidos no se realizó un problema enfocado debido a que se decidió analizar todos los que inicialmente se tenía.

2.3 Análisis

Luego de conocer cuáles son las áreas en donde se encuentra las materias primas y líquidos que tiene mayor diferencia en los costos por diferencia de inventarios, se decidió reunir a nuestro grupo de trabajo conformado por el auxiliar, asistentes y jefe de producción, con la finalidad de conocer cuáles podrían ser las causas de nuestros problemas enfocados.

2.3.1 Análisis de causas

Para conocer las posibles causas que provocan una diferencia en los costos de inventario, se convoca a una reunión con el equipo de trabajo en donde se realizó una lluvia de ideas, como se muestra en la figura 2.11 y 2.12 para luego ordenarlo en un diagrama de causa-efecto.



Figura 2.11 Lluvia de ideas elaborado por el equipo de trabajo correspondiente a materia prima

Fuente: Elaboración propia

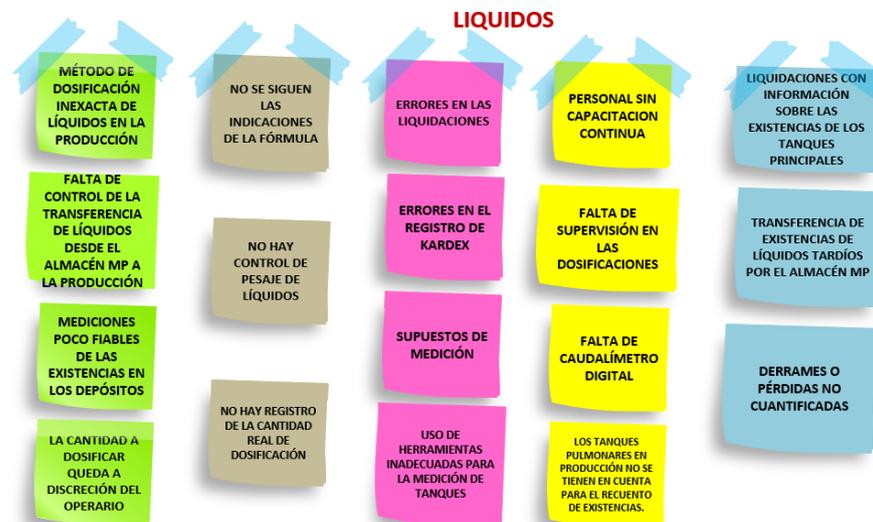


Figura 2.12 Lluvia de ideas elaborado por el equipo de trabajo correspondiente a líquidos

Fuente: Elaboración propia

Después de la elaboración de las lluvias de ideas para materias primas y líquidos, se procede a ordenarlas en los diagramas causa-efecto que se encuentran en los apéndices B y C respectivamente.

Luego de observar que hay varias causas que deben ser estudiadas, con la ayuda del equipo de trabajo se procedió a priorizar las causas según su nivel de correlación con la variable de respuesta, como se muestra en la figura 2.13 y 2.14 se le da una nota de uno, tres y nueve si la correlación es baja, media o alta respectivamente.

Y's				
Costo de diferencia de inventarios en MP				
N	Categoría	Causas	(1) (3) (9)	TOTAL
1	Método	Falta de control en la recepción de MP		
2	Método	No hay control de inventario (procedimiento no estandarizado)		
3	Método	Liquidación sin datos de consumo real		
4	Método	Falta de control en traspaso por SAP de MP		
5	Método	Mala identificación de materia prima (confusiones en el conteo)		
6	Método	Materia prima almacenada en varios lugares sin control		
7	Método	Error de conteo de MP en piso		
8	Medición	Medición de tolvas no preciso		
9	Medición	Medición de stock de MP en tolvas no preciso		
10	Metodo	Confusión entre materiales de producción y bodega MP en bodega compartida		
11	Mano de obra	Dosificación incorrecta		
12	Método	Confusión de MP al dosificar		
13	Medición	Medición incorrectas de tolvas		
14	Método	Error en el Kardex		
15	Mano de obra	Equivocaciones en liquidar		
16	Mano de obra	Error en el conteo de MP en el piso		
17	Medición	Método de medición no convencional		
18	Mano de obra	Bodega de MP no trabaja en las noches		
19	Mano de obra	Error de traspaso de MP		
20	Mano de obra	Mezclas de MP (No se puede verificar la proporción de la mezcla)		

Figura 2.13 Ponderación de causas establecidas por el equipo de trabajo para materia prima

Fuente: Elaboración propia

Y's				
Costo de diferencia de inventarios en Líquidos				
N	Categoría	Causas	(1) (3) (9)	TOTAL
1	Mano de obra	Transferencia de stock de líquidos tardías por la bodega de materias primas		
2	Mano de obra	Error en el registro de dosificación		
3	Mano de obra	Asunciones en las mediciones		
4	Método	Método de dosificación inexacto		
5	Método	Control ineficiente en la recepción de líquidos desde bodega de materias primas		
6	Método	Liquidaciones con información sesgada (sólo se consideran los depósitos principales)		
7	Método	Control ineficaz de los porcentajes de dosificación según las fórmulas Asentamientos con información sesgada (sólo se consideran los depósitos principales)		
8	Método	Errores en las variables de la hoja de Excel (Kardex) para calcular los inventarios de líquidos en los depósitos.		
9	Método	Almacenamientos intermedios sin registro		
10	Medición	Mediciones no precisas del inventario de líquidos en los depósitos		
11	Medición	Instrumentos no adecuados para medir tanques		
12	Máquina	Mal control de los pesos líquidos		
13	Máquina	Líneas de producción sin registros de dosificación		

Figura 2.14 Ponderación de causas establecidas por el equipo de trabajo para líquidos

Fuente: Elaboración propia

Para conocer las causas que provocan un impacto alto en relación con nuestros problemas enfocados se elaboró un diagrama de Pareto para las causas de materia prima y líquidos, como se muestra en la figura 2.15 y 2.16.

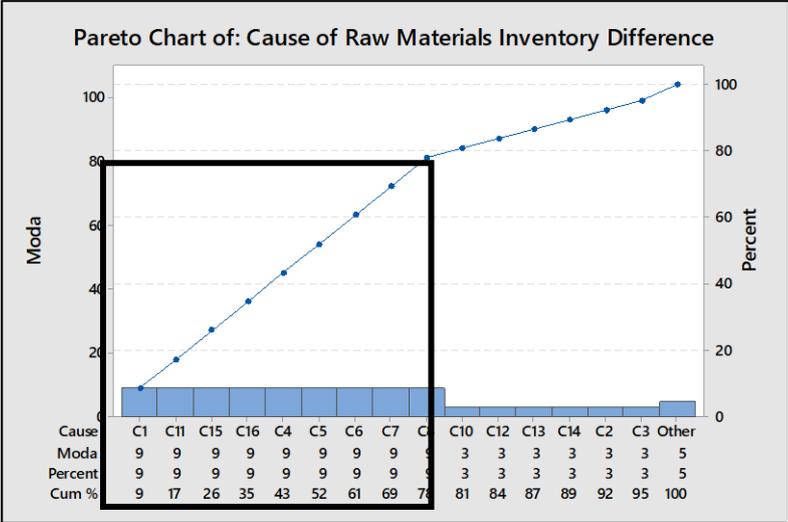


Figura 2.15 Diagrama de Pareto de la ponderación de causas de materia prima

Fuente: Elaboración propia

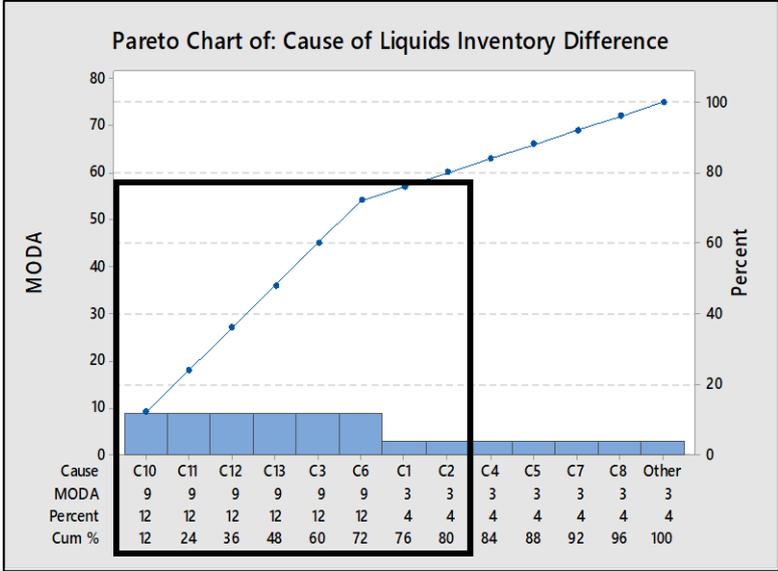


Figura 2.16 Diagrama de Pareto de la ponderación de causas de líquidos

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el diagrama de Pareto se puede observar en la figura 2.17 las causas que tienen un 80% en el costo por diferencia de inventarios.

N	Categoría	Causas
C1	Mano de obra	Confusión entre materiales de producción y bodega MP en bodega compartida
C11	Método	No hay control de inventario (procedimiento no estandarizado)
C15	Medición	Medición de inventario de MP en tolvas no preciso
C16	Medición	Instrumentos no adecuados para medir tolvas
C4	Mano de obra	Densidades de MP incorrectas en Kardex
C5	Mano de obra	Error de traspaso de MP
C6	Mano de obra	Error en las liquidaciones
C7	Mano de obra	Error en el conteo de MP en el piso de producción
C8	Mano de obra	Materia prima almacenada en varios lugares sin control

Figura 2.17 Causas para clasificar en matriz impacto-control de materia prima

Fuente: Elaboración propia

Con las causas que generan un alto impacto, se desarrolla una matriz impacto vs control, como se muestra en la figura 2.18, que permite conocer cuáles son esas causas que son fáciles de controlar, con valores desde el uno hasta el nueve se considera bajo control, con un valor desde el diez al veinte, se considera un valor de control alto.

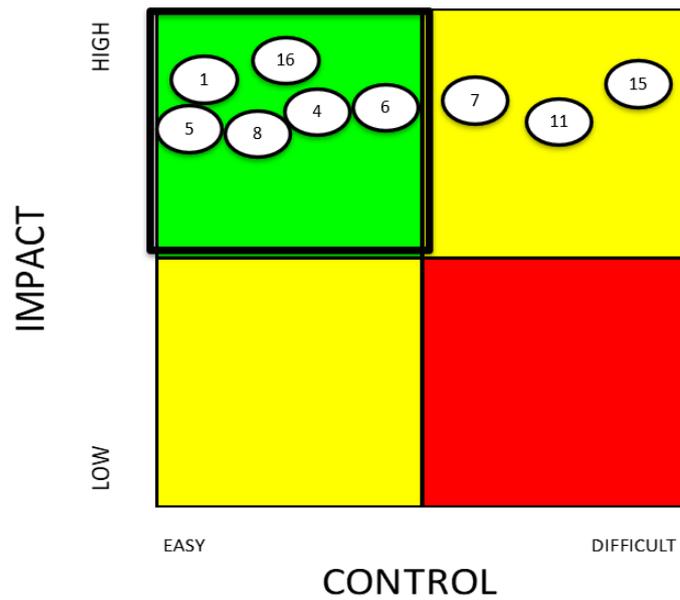


Figura 2.18 Matriz impacto-control para causas de materia prima

Fuente: Elaboración propia

Las causas que obtuvieron un alto puntaje en impacto y bajo puntaje en control son los siguientes:

- Confusión entre materiales de producción y bodega MP en bodega compartida
- Instrumentos no adecuados para medir tolvas
- Densidades de MP incorrectas en Kardex
- Error de traspaso de MP
- Error en las liquidaciones
- Materia prima almacenada en varios lugares sin control

Del mismo modo para líquidos, como se puede observar en la figura 2.19

N	Categoría	Causas
L10	Medición	Mediciones de inventario de líquidos en tanques no precisas
L11	Medición	Instrumentos no adecuados para medir tanques
L12	Maquinaria	Deficiente control de pesos de líquidos
L13	Maquinaria	Lineas de produccion sin registros de dosificación
C3	Mano de obra	Asunciones en las mediciones
C6	Método	Liquidaciones con información sesgada (solo se considera tanques principales)
C1	Mano de obra	Traspaso de stock de líquidos tardíos por parte de bodega de MP
C2	Mano de obra	Error en registro de dosificación

Figura 2.19 Causas para clasificar en matriz impacto-control para líquidos

Fuente: Elaboración propia

En base a las causas que generan un alto impacto, como se observa en la figura 2.20, se desarrolla una matriz impacto vs control, que permite conocer cuáles son esas causas que son fáciles de controlar, con valores desde el uno hasta el nueve se considera bajo control, con un valor desde el diez al veinte, se considera un valor de control alto.

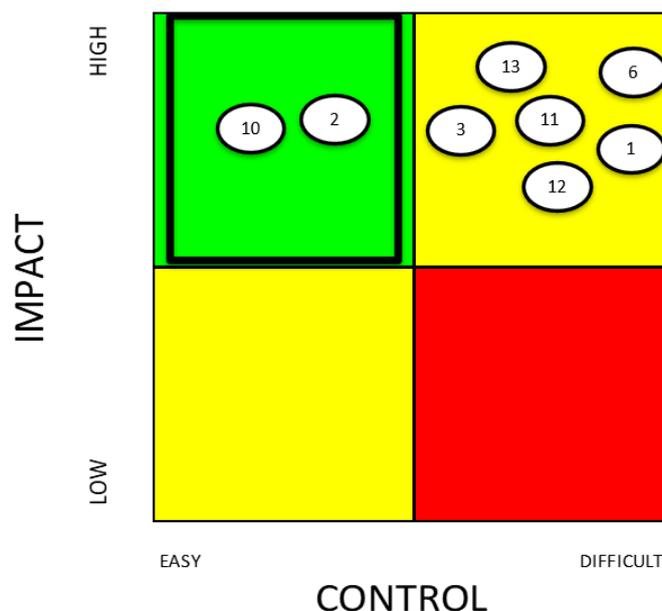


Figura 2.20 Matriz impacto-control para causas de líquidos

Fuente: Elaboración propia

Las causas que obtuvieron un alto puntaje en impacto y bajo puntaje en control son las siguientes:

- Error en registro de dosificación
- Mediciones de inventario de líquidos en tanques no precisas

2.3.2 Plan de verificación de causas

A partir de la obtención de causas con alto impacto y fácil control se realizó un plan de verificación de causas con dichas causas para validar si son significantes con respecto a la variable de respuesta como se observa en la figura 2.21. A continuación, se muestra con detalle el plan de verificación de causas para materia prima:

Plan de Verificación de causas: Materia prima				
Causas potenciales	C_i	Teoría acerca del impacto	Se verificará por	Estado
Confusión entre materiales de producción y bodega MP en bodega compartida	C_1	La confusión entre los materiales de la bodega aumenta el costo por diferencia de inventario	GEMBA	Incompleto
Medición de inventario de MP en tolvas no preciso	C_{16}	La falta de precisión en la medición de inventario de materia prima en las tolvas aumentan el costo por diferencia de inventario	Diferencia de medias	Incompleto
Densidades de MP incorrectas en Kardex	C_4	Los errores en los valores de densidades en el kardex aumentan el costo por diferencia de inventario	Diferencia de medias	Incompleto
Error de traspaso de MP	C_5	Los errores en el traspaso de MP de bodega al piso de producción aumentan el costo por diferencia de inventario	GEMBA	Incompleto
Error en las liquidaciones	C_6	La falta de precisión en los valores de liquidación aumentan el costo por diferencia de inventario	Diferencia de medias	Incompleto
Materia prima almacenada en varios lugares sin control	C_8	La falta de control de la materia prima en el piso de producción aumentan el costo por diferencia de inventario	GEMBA	Incompleto

Figura 2.21 Plan de Verificación de causas: Materia prima

Fuente: Elaboración propia

Para la primera causa que es la confusión en el traspaso de materia prima de la bodega compartida al piso de producción, mediante GEMBA se visualizó cuantos lotes de materia prima no están con la respectiva etiqueta verde que significa que pertenece al departamento de producción, como se observa en la figura 2.22.

Se tomó una muestra de 4 pedidos de materiales con 45 productos en total, de los cuales 32 no tenían identificación, lo que representa el 71% del total.

Con un 71% de productos no identificados durante la muestra de 4 días, se concluye que esta causa es significativa.

Fecha	¿Está identificado?		
	Si	No	Total
13/07/2021	4	6	10
14/07/2021	3	9	12
15/07/2021	3	8	11
16/07/2021	3	9	12
Total	13	32	45

Figura 2.22 Identificación de materiales en bodega de materia prima durante 4 días

Fuente: Elaboración propia

Para verificar la siguiente causa correspondiente a la medición de materia prima en las tolvas, se procedió a escoger dos operadores al azar para que hagan las mediciones de cuanto material está dentro de las tolvas.

Los dos operadores realizaron las mediciones con el uso de una linterna y con una visualización previa del nivel de material dentro de las 16 tolvas que tiene el área de consumo, estas mediciones dieron con los resultados que se observa en la figura 2.23.

Tolva	Operador 1	Operador 2	Diferencia
1	10,001.25	7,302.50	2,698.75
2	11,316.40	11,108.10	208.30
3	11,023.92	11,023.92	0.00
4	4,763.25	4,763.25	0.00
5	122.25	244.50	122.25
6	2,530.00	2,630.00	100.00
7	5,590.00	5,590.00	0.00
8	5,951.40	5,951.40	0.00
9	555.90	1,806.67	1,250.77
10	1,478.40	1,478.40	0.00
11	7,579.50	5,379.00	2,200.50
12	1,766.70	1,766.70	0.00
13	482.00	482.00	0.00
14	1,955.20	601.60	1,353.60
15	1,930.50	1,930.50	0.00
16	3,844.75	3,844.75	0.00

Figura 2.23 Diferencias en las mediciones de tolvas para dos operadores

Fuente: Elaboración propia

A estas mediciones se les realizó una prueba de normalidad Anderson-Darling para visualizar si los datos siguen una distribución normal, como se observa en la figura 2.24.

Se plantea las hipótesis de la siguiente manera

H_0 : Los datos siguen una distribución normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal

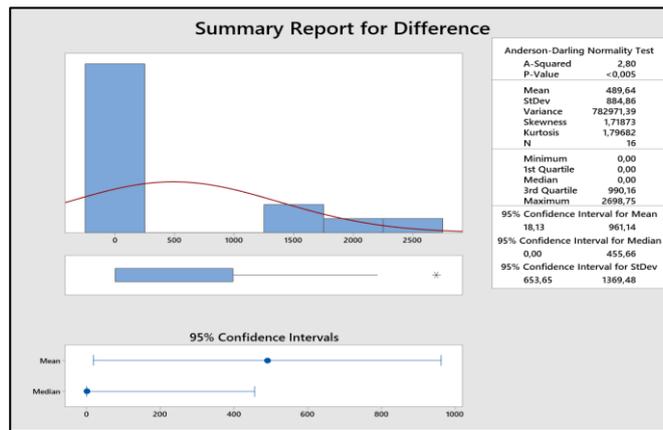


Figura 2.24 Test de normalidad para las muestras de mediciones de los operadores en tolvas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 2.25 que el valor $p < 0,05$ por ende se puede asegurar que los datos no siguen una distribución normal, teniendo en cuenta eso, se utilizó la prueba de Wilcoxon que permite conocer si las medias de datos, que no siguen una distribución normal, son diferentes de cero.

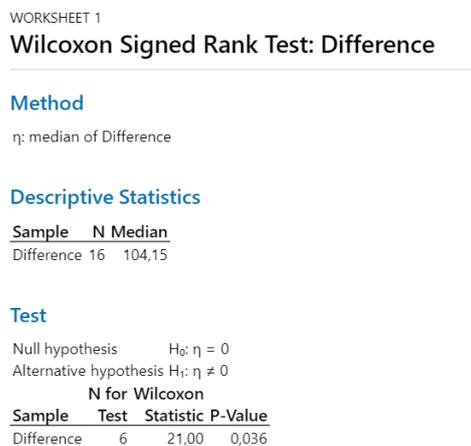


Figura 2.25 Test para diferencia de medias para las mediciones de los operadores en tolvas

Fuente: Elaboración propia

Visualizando que el valor de $p = 0,036$ es menor que $0,05$ se puede concluir que hay evidencia estadística para rechazar H_0 ya que la media de las diferencias es diferente de cero. Esta causa es significativa.

Para verificar la causa de las densidades de materia prima incorrectas en Kardex se tomó como referencia una materia prima que se encuentra en la clasificación A de la estratificación antes mostrada, como se observa en la figura 2.26, se tomó muestra de 14 días en el kardex, teniendo como resultado lo siguiente.

Fecha	Código del material	Inventario según la densidad teórica (kg)	Inventario según la densidad del kardex (kg)
5/7/2021	2003970	17,000.00	21,431.93
6/7/2021	2003970	14,000.00	18,889.00
7/7/2021	2003970	13,844.00	18,688.00
8/7/2021	2003970	13,588.10	19,347.00
9/7/2021	2003970	3,658.20	6,474.00
10/7/2021	2003970	1,717.30	2,658.50
11/7/2021	2003970	9,867.20	11,849.00
12/7/2021	2003970	10,523.52	15,248.22
13/7/2021	2003970	4,921.12	6,474.00
14/7/2021	2003970	4,808.04	7,443.80
15/7/2021	2003970	16,114.88	21,442.22
16/7/2021	2003970	13,669.87	19,983.11
17/7/2021	2003970	14,988.32	17,666.54
18/7/2021	2003970	14,887.77	19,347.00

Figura 2.26 Diferencias de inventario debido a la densidad teórica y densidad del Kardex debido a las densidades

Fuente: Elaboración propia

A estas mediciones se les realizó una prueba de normalidad Anderson-Darling, para visualizar si los datos correspondientes a las columnas de densidad teórica (kg) y densidad del Kardex (kg) siguen una distribución normal.

Se plantea las hipótesis de la siguiente manera

H_0 : Los datos siguen una distribución normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal

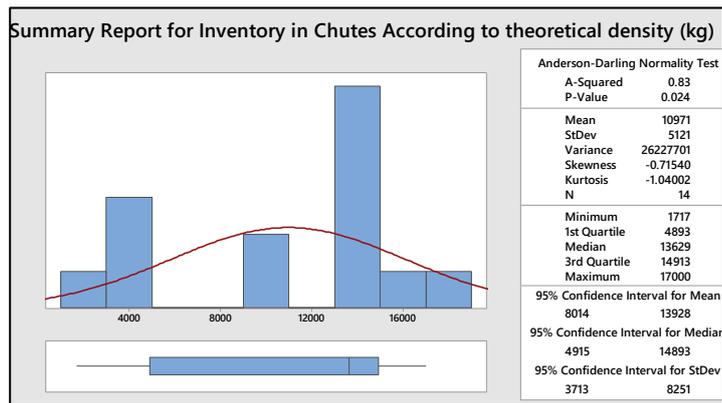


Figura 2.27 Test de normalidad para inventario según densidad teórica

Fuente: Elaboración propia

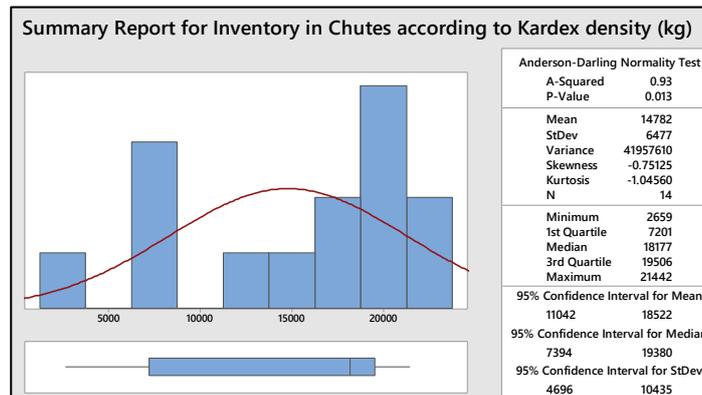


Figura 2.28 Test de normalidad para inventario según densidad del kardex

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las figuras 2.27 y 2.28, los valores de $p < 0,05$ por ende se puede asegurar que los datos no siguen una distribución normal, teniendo en cuenta eso, se utilizó la prueba de Mann-Whitney para diferencia de medias de variables no paramétricas que nos permite conocer si las medias de datos que no siguen una distribución normal son diferentes de cero, como se observa en la figura 2.29.

Mann - Whitney test

Method

η_1 : median of Inventory by theoretical density
 η_2 : median of Inventory by kardex density
Difference: $\eta_1 - \eta_2$

Test

Null hypothesis $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Alternative hypothesis $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Method	W-Value	P-Value
Not adjusted for ties	158.00	0.041
Adjusted for ties	158.00	0.041

Figura 2.29 Test de Mann-Whitney para diferencia de medias entre el inventario según la densidad teórica y en inventario según la densidad del kardex

Fuente: Elaboración propia

Observando que el valor de $p < 0,05$ en la figura 2.29, se puede concluir que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, y que el valor de las medias es diferente. Esta causa es significativa.

Para verificar la causa de liquidaciones erróneas de materia prima, se procedió a visualizar (Gemba) el reporte del SAP y el orden de producción para luego compararlos, en donde salió como resultado que los valores que se presentan en los formatos son los mismos, por lo tanto, la causa es no significativa.

Para verificar la causa de materia prima almacenada en varios lugares sin control, se tomó una muestra de ocho días en donde se visualiza (Gemba) en las diferencias líneas si se presentan sacos tirados en el piso de producción, se puede observar que en el día cuatro se encontró un saco tirado en la línea 1, en el día siete se encontró otro saco tirado, para esto al final del octavo día se hizo una prueba estadística para probar si es estadísticamente significativa.

En primer lugar, se realiza la prueba de normalidad Anderson-Darling para visualizar si los datos siguen una distribución normal.

Se plantea las hipótesis de la siguiente manera

H_0 : Los datos siguen una distribución normal

H₁: Los datos no siguen una distribución normal

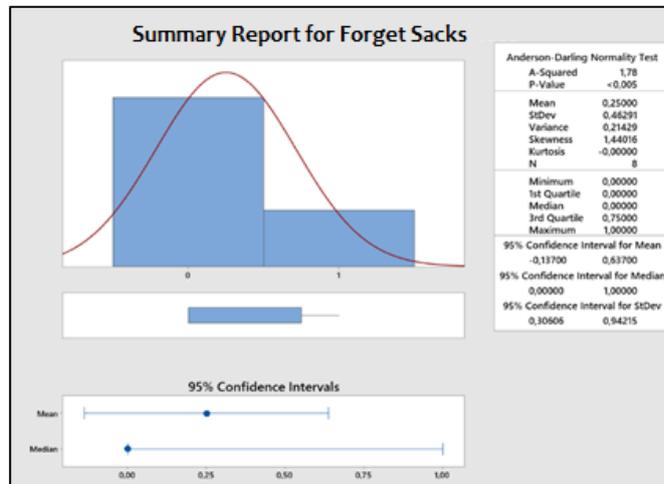


Figura 2.30 Test de normalidad para sacos olvidados de materia prima en el piso de producción

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 2.30 que el valor $p < 0,05$ por ende se puede asegurar que los datos no siguen una distribución normal, teniendo en cuenta eso, se utiliza la prueba de Wilcoxon que nos permite conocer si las medias de datos que no siguen una distribución normal son diferentes de cero, como se observa en la figura 2.31.

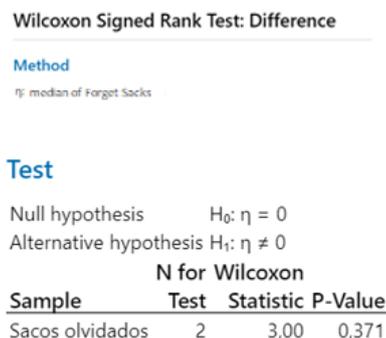


Figura 2.31 Test de Wilcoxon para la muestra de sacos olvidados de materia prima en el piso de producción

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar la prueba de Wilcoxon en la figura 2.31, se procede a visualizar el valor p , en donde se confirma que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ya que el valor $p > 0,05$. Esta causa es no significativa.

Por lo tanto, para materia prima se encontraron 3 causas significantes y 3 causas no significantes que se presentan en la figura 2.32.

Plan de Verificación de causas: Materia prima				
Causas potenciales	C_i	Teoría acerca del impacto	Se verificará por	Estado
Confusión entre materiales de producción y bodega MP en bodega compartida	C_1	La confusión entre los materiales de la bodega aumenta el costo por diferencia de inventario	GEMBA	Significante
Medición de inventario de MP en tolvas no preciso	C_{16}	La falta de precisión en la medición de inventario de materia prima en las tolvas aumentan el costo por diferencia de inventario	Diferencia de medias	Significante
Densidades de MP incorrectas en Kardex	C_4	Los errores en los valores de densidades en el kardex aumentan el costo por diferencia de inventario	Diferencia de medias	Significante
Error de traspaso de MP	C_5	Los errores en el traspaso de MP de bodega al piso de producción aumentan el costo por diferencia de inventario	GEMBA	No significativa
Error en las liquidaciones	C_6	La falta de precisión en los valores de liquidación aumentan el costo por diferencia de inventario	Diferencia de medias	No significativa
Materia prima almacenada en varios lugares sin control	C_8	La falta de control de la materia prima en el piso de producción aumentan el costo por diferencia de inventario	GEMBA	No significativa

Figura 2.32 Plan de verificación final de materia prima

Fuente: Elaboración propia

Para líquidos, el plan de verificación de causas se presenta en la figura 2.33

Plan de Verificación de causas: Líquidos				
Causas potenciales	L_i	Teoría acerca del impacto	Se verificará	Estado
Mediciones de inventario de líquidos del tanque no precisas	L_{10}	La falta de precisión en la medición del inventario de líquidos en los tanques aumenta el costo por diferencia de inventario.	Diferencia de medias	Incompleto
Errores en las dosificaciones	L_2	La sobredosificación aumenta el costo por diferencia de inventario.	Diferencia de medias	Incompleto

Figura 2.33 Plan de verificación de causas: Líquidos

Fuente: Elaboración propia

Para verificar la causa de mediciones de inventario de líquidos de tanque no precisas, como se puede observar en la figura 2.34, se procedió a elegir dos operadores al azar para realizar mediciones de tanques de líquidos de acuerdo con el método que siempre se realiza en la compañía para compararlas y ver si difiere una de otra y si la precisión es un factor que afecta a las mediciones de stock.

Aceite de pescado (kg)		
Número	Operador 1	Operador 2
1	13,610	13,210
2	12,130	12,260
3	14,150	14,150
4	11,460	10,920
5	13,750	14,020
6	15,090	14,560
7	12,100	11,990
8	13,480	13,480
9	14,980	14,690
10	10,650	10,920
11	14,020	13,610
12	14,690	14,820
13	12,130	12,130

Figura 2.34 Mediciones de stock de líquidos correspondientes a dos operadores

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se realiza la prueba de normalidad Anderson-Darling como se puede observar en la figura 2.35, para cada muestra con el objetivo de visualizar si los datos siguen una distribución normal.

Se plantea las hipótesis de la siguiente manera

H_0 : Los datos siguen una distribución normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal

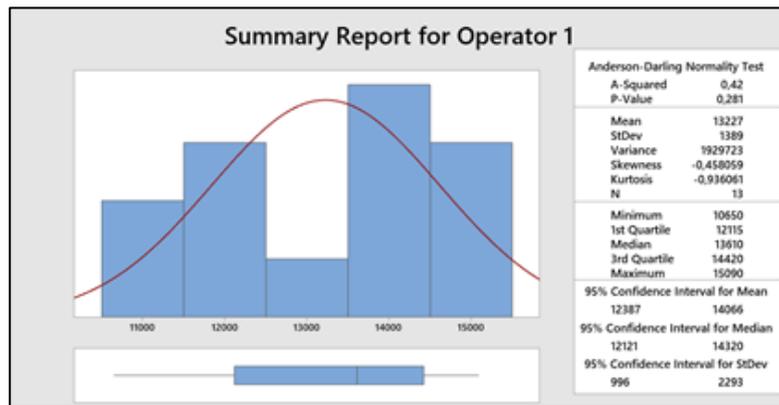


Figura 2.35 Test de normalidad para mediciones de stock del operador 1

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 2.35, el valor de $p > 0,05$ por ende no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, los datos correspondientes a las mediciones de stock del operador 1 siguen una distribución normal.

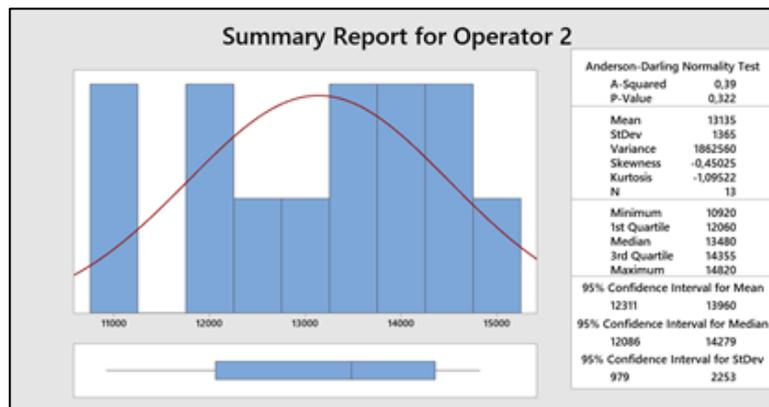


Figura 2.36 Test de normalidad para mediciones de stock del operador 2

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 2.35, el valor de $p > 0,05$ por ende no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, los datos correspondientes a las mediciones de stock del operador 2 siguen una distribución normal.

Con ambas distribuciones normales, se realizó una prueba de hipótesis para una variable T de dos muestras para saber estadísticamente si existe diferencia entre las mediciones del operador 1 y el operador 2.

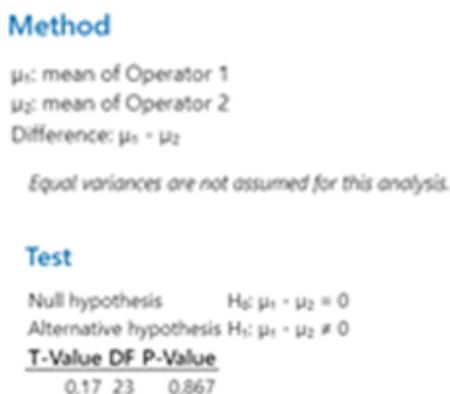


Figura 2.37 Test t-student para dos muestras

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 2.37, con un valor $p > 0.05$ no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de las mediciones de stock del operador 1 y el operador 2 son iguales. Se concluye entonces, que esta causa es no significativa.

Para la causa de errores en dosificaciones de líquidos, se solicitó a la compañía información de 10 órdenes de producción con datos de las dosificaciones para uno de los líquidos a estudiar en este proyecto, se obtuvo las diferencias entre la cantidad teórica y real de dosificaciones. A continuación, se presenta el cuadro de resumen.

FECHA	ORDEN	MATERIAL	DESCRIPCION MATERIAL	TEORICO	REAL	DIFERENCIA
2/7/2021	10116986	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	400.00	440.00	40.00
2/7/2021	10116986	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	3,466.67	3,813.34	346.67
2/7/2021	10117015	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	5,858.74	6,444.61	585.87
2/7/2021	10116989	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	581.28	639.41	58.13
2/7/2021	10116990	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	1,295.59	1,425.15	129.56
13/7/2021	10117286	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	8,810.60	8,986.81	176.21
21/7/2021	10117544	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	4,640.10	4,732.90	92.80
21/7/2021	10117575	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	621.65	652.73	31.08
22/7/2021	10117542	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	283.69	297.88	14.19
22/7/2021	10117573	3000850	ACEITE PESCADO DOSIFICADO	2,474.00	2,572.90	98.90

Figura 2.38 Diferencias entre dosificaciones teóricas y reales en líquidos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.38 se puede observar la fecha de cada orden, el material investigado que en este caso es aceite de pescado dosificado, los valores de dosificación teóricos que corresponden a las órdenes de producción diarias, los valores de dosificación reales que corresponden a lo que realmente dosifica la línea de producción y la diferencia entre ambos valores.

Para esta causa, primeramente, se realiza la prueba de normalidad Anderson-Darling a los datos de la columna de diferencia para visualizar si los datos siguen una distribución normal.

Se plantea las hipótesis de la siguiente manera

H_0 : Los datos siguen una distribución normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal

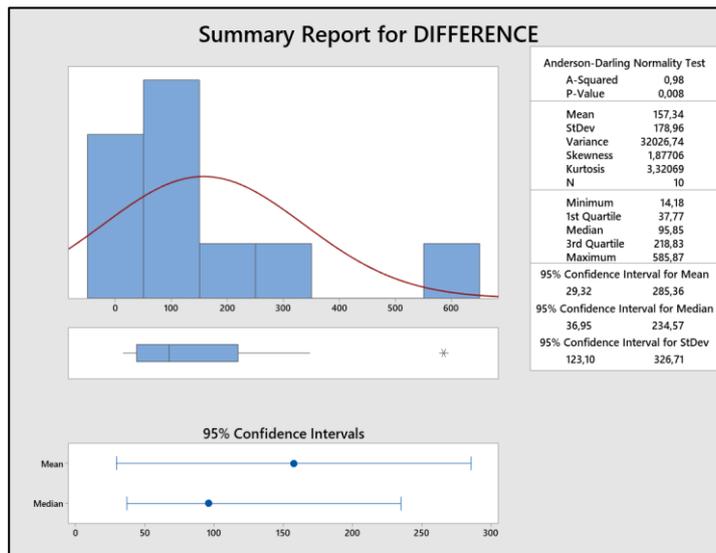


Figura 2.39 Test de normalidad para diferencia entre dosificación teórica y dosificación real

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 2.39, con un valor $p < 0.05$, se demuestra estadísticamente que los datos no siguen una distribución normal. Luego, se realizó una prueba Wilcoxon para datos no paramétricos para analizar si la media de las diferencias es igual a cero o no.



Figura 2.40 Test de Wilcoxon para diferencia entre dosificación teórica y dosificación real

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 2.40, con un valor $p < 0.05$ existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la media de las diferencias en las dosificaciones de líquidos es diferente de cero. Se concluye entonces, que esta causa es significativa.

Se presenta el plan de verificación en la figura 2.41 con el estado final de cada causa analizada.

Plan de Verificación de causas: Líquidos				
Causas potenciales	L_i	Teoría acerca del impacto	Se verificará	Estado
Mediciones de inventario de líquidos del tanque no precisas	L_{10}	La falta de precisión en la medición del inventario de líquidos en los tanques aumenta el costo por diferencia de inventario.	Diferencia de medias	No significativa
Errores en las dosificaciones	L_2	La sobredosificación aumenta el costo por diferencia de inventario.	Diferencia de medias	Significante

Figura 2.41 Plan de verificación final de líquidos

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Verificación de causa raíz (5 porqué)

Luego de haber completado los planes de verificación de causas y demostrado si las causas son significantes o no, se procedió a utilizar la herramienta del 5 por qué para encontrar la causa raíz de cada causa significativa. A continuación, en la figura 2.42 se presenta el análisis:

RONDA 1	H	RONDA 2	H	RONDA 3	H	RONDA 4	H	RONDA 5	HP	ACCIÓN
¿Por qué son incorrectas las densidades de las materias primas en Kardex?		¿Por qué el formato de excel no se actualiza?	YES	¿Por qué la actualización de las densidades no solicitadas al área de calidad?	YES	¿Por qué el área de calidad no se consideró la causa como significativa?				Proporcionar un nuevo sistema que ponga los valores correctos de las densidades en Kardex
Porqué el formato de excel no se actualiza	YES	Porqué la actualización de las densidades no solicitadas al área de calidad		Por qué el área de calidad no se consideró la causa como significativa		El personal del area de calidad tiene otras funciones a realizar				
		¿Por qué el asistente de producción desconoce cómo actualizar la densidad en kardex ?	YES							
Porqué el asistente de producción desconoce cómo actualizar la densidad en kardex	YES	Por la mala capacitación que ha recibido .			YES		YES			Capacitación continua de los asistentes de producción sobre el registro de nuevas densidades.

Figura 2.42 Evaluación 5 por qué para la causa: Densidades incorrectas de materias primas en el Kardex.

Fuente: Elaboración propia

Para la causa densidades incorrectas de materias primas en el Kardex, la causa raíz encontrada fue: que el personal del área de calidad tiene otras funciones a realizar. Esto quiere decir que no tienen tiempo para estar actualizando las densidades de materias primas en el archivo que se utiliza para calcular los niveles de inventario en tolvas.

RONDA 1	H	RONDA 2	H	RONDA 3	H	RONDA 4	H	RONDA 5	HP	ACCIÓN
¿Por qué la medición del inventario de materias primas en las tolvas no es precisa?		¿Por qué las mediciones en las tolvas dependen de la perspectiva del operador?	YES	¿Por qué no tiene un buen sistema de referencia de medición para hacer la medición de las tolvas?	YES		YES			Medir por nivel dentro las tolvas para mejorar las mediciones del inventario de materias primas
Por qué las mediciones en las tolvas dependen de la perspectiva del operador	YES	Por qué no tiene un buen sistema de referencia de medición para hacer la medición de los paracaídas		Por qué el operador tiene una mala visualización de los niveles el interior de las tolvas						
		¿Porque el operador no tiene un instrumento de medición?	YES							Dar al operario el instrumento adecuado para mejorar sus mediciones en las tolvas
Por qué el operador no tiene un instrumento de medición	YES	Porque los operadores creen en su experiencia								

Figura 2.43 Evaluación 5 por qué para la causa: Mediciones de inventario de materia prima en tolvas no precisas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 2.43 para la causa mediciones de inventario de materia prima en tolvas no precisas, las causas raíz encontradas fueron: El operador tiene una mala visualización de los niveles al interior de las tolvas; Los operadores realizan una medición de stock visual y rápida porque confían en su experiencia.

RONDA 1	H	RONDA 2	H	RONDA 3	H	RONDA 4	H	RONDA 5	HP	ACCIÓN
¿Por qué hay errores en dosificación en los líquidos en la línea 3-8?		¿Por qué las dosificaciones en líquidos son medidos por tiempo y no por cantidad?	YES	¿Por qué no hay ninguna herramienta para controlar el peso que se dosifica en el sistema?	YES					Crear un nuevo sistema de control para mejorar la dosificación en líquidos para reducir el inventario
Por qué las dosificaciones en líquidos son medidos por tiempo y no por cantidad	YES	Por qué no hay ninguna herramienta para controlar el peso que se dosifica en el sistema		Por qué tienen un método poco eficiente para controlar el peso de los líquidos						

Figura 2.44 Evaluación 5 por qué para la causa: Errores de dosificaciones en líquidos.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 2.44 para la causa de errores de dosificaciones en líquidos, la causa raíz encontrada fue: que tienen un método poco eficiente para controlar el peso de los líquidos.

2.4 Mejora

Una vez finalizada la etapa de análisis, se convocó una reunión con el equipo de trabajo, para dar a conocer cuáles son las causas raíz, para su vez realizar una lista con las soluciones que se podría ejecutar en esta etapa.

2.4.1 Propuesta de mejora

Después de la reunión con el grupo de trabajo se plantea las posibles soluciones para cada causa raíz, y se vinculan en la tabla 2.3 con los problemas enfocados y las causas significantes del problema.

Tabla 2.3 Posibles soluciones a cada causa raíz

Fuente: Elaboración propia

Y's ENFOCADOS	CAUSAS POTENCIALES	CAUSA RAIZ	SOLUCIONES
Diferencia en el costo del inventario en materias primas	Densidades incorrectas de la materia prima en el kardex	Desconocimiento del impacto que genera la desactualización de las densidades en la de las hojas de excel	1.- Desarrollar una nueva hoja de cálculo Excel que ayude a mantener actualizados los valores de densidad
			2.- Formar a los auxiliares de producción en el uso de Excel.
	Mediciones incorrectas del inventario de materias primas en las tolvas	Dificultad para visualizar el interior de las tolvas	3.- Implementar un sistema de medición continua por sensores en las tolvas.
			4.- Implantar un nuevo sistema de control de inventario de materias primas en las tolvas.
Diferencia en el costo del inventario en líquidos	Errores de dosificación de líquidos	Poca precisión en el método de dosificación de líquidos	5.- Utilizar utensilios de medición que mejoren la precisión de sus mediciones.
			6.- Establecer un nuevo método de control de los niveles de dosificación en líquidos que esté dentro del rango de error permitido por la empresa.
			7.- Implantar un nuevo sistema de control de inventario de líquidos.

2.4.2 Priorización de soluciones

Una vez determinada las soluciones, se realiza una ponderación a las soluciones para conocer el impacto que ocasionaría y el esfuerzo que

conlleva la ejecución de esta, en la siguiente tabla se visualiza los valores de la evaluación.

Tabla 2.4 Escalas de esfuerzo para ponderar las posibles soluciones

Fuente: Elaboración propia

Esfuerzo	Valor
Fácil	[0-5]
Difícil	[5-10]

En la Tabla 2.4 se muestra los valores a ponderar para las posibles soluciones.

Tabla 2.5 Escalas de impacto para ponderar las posibles soluciones

Fuente: Elaboración propia

Impacto	Valor
Bajo	[0-5]
Alto	[5-10]

En la Tabla 2.5 se muestra los valores a ponderar para las posibles soluciones.

Luego de que se ponderó con el equipo de trabajo cada posible solución mostrada en la tabla 2.3, se procedió a colocarlas en una matriz impacto-esfuerzo para posteriormente elegir las soluciones que tienen un alto impacto en la variable de respuesta y un bajo esfuerzo para garantizar que puedan ser implementadas en el tiempo asignado para el proyecto.

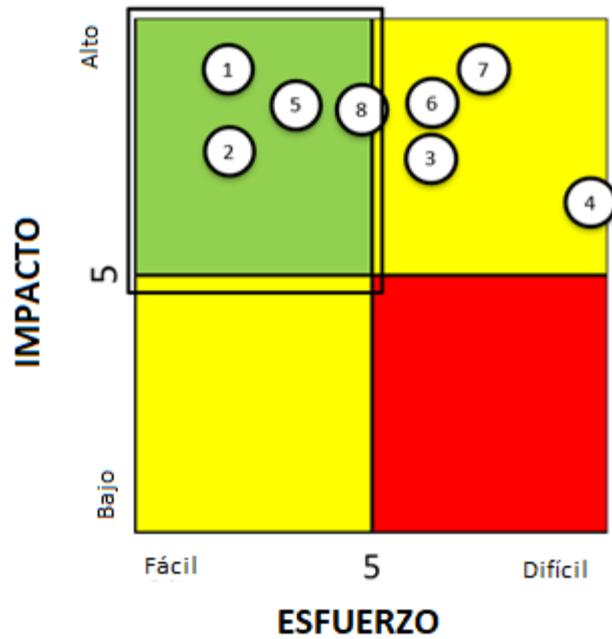


Figura 2.45 Matriz impacto-esfuerzo para soluciones

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 2.45, las soluciones que tiene un valor alto en impacto y bajo en esfuerzo son las número 2,5 y 8. Las soluciones se muestran en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Soluciones que se deben implementar

Fuente: Elaboración propia

SOLUCIONES
2.- Realizar una nueva hoja de cálculo que garantice los valores de densidades actualizados.
5.- Implementar un nuevo sistema de control de inventario de materias primas en tolvas
8.- Implementar un nuevo sistema de control de inventario de líquidos.

2.4.3 Plan de implementación de soluciones

Teniendo en cuenta las soluciones que obtuvieron un alto impacto y bajo esfuerzo en la ponderación realizada con el equipo de trabajo, se desarrolló un plan de implementación como se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Plan de implementación de soluciones

Fuente: Elaboración propia

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN								
N	Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	¿Cuánto?	Estado
1	Desarrollar una nueva hoja de cálculo excel para ayudar a mantener los valores de densidad actualizados.	Garantizar que los valores de las densidades estén siempre actualizados	Crear un sistema que actúe automáticamente sobre la densidad	Excel	ago-21	Auxiliar de producción + Área de calidad	Sin cargo	En desarrollo
2	Implementar un nuevo sistema de control de inventario de materias primas en tolvas.	Para un control adicional del inventario y para mejorar la precisión del inventario en las tolvas	Utilizar registros de suministro y dosificación	Producción	ago-21	Operadores de proveedores + Auxiliar de producción	Sin cargo	En desarrollo
3	Implementar un nuevo sistema de control de inventario de líquidos.	Para mejorar la precisión del inventario de líquidos	Utilizar registros de dosificación para controlar el inventario de líquidos	Producción	ago-21	Oficina de producción de líneas + Auxiliar de producción	Sin cargo	En desarrollo

De acuerdo con la Tabla 2.7 se realiza una serie de preguntas para cumplir con las propuestas establecidas.

2.4.4 Implementación de soluciones

A continuación, se explica con detalle de la implementación cada solución.

Desarrollar una nueva hoja de cálculo Excel para ayudar a mantener los valores de densidad actualizados

Para que nuestro formato de Excel no tenga ningún problema en su implementación se debe realizar las siguientes actividades.

Tabla 2.8 Actividades a realizar para ejecución de la solución

Fuente: Elaboración propia

Pasos	Actividades
1	El departamento de calidad actualiza las densidades y las envía al auxiliar de producción
2	El auxiliar de producción inserta los valores de densidades en la hoja "densidades" del nuevo formato de Excel y estos valores cambiarán automáticamente según el producto que se ingrese en el nombre de la tolva
3	El auxiliar de producción registra los niveles de materia prima en las tolvas en la hoja "tolvas" y obtiene automáticamente los niveles de inventario por producto en la hoja "Inventario".

En la Tabla 2.8 se muestran las actividades a realizar para la correcta aplicación de las soluciones.

El nuevo registro contará con 3 hojas: Densidades, tolvas e Inventario para poder llevar un mejor control del stock de inventarios disponibles en las tolvas. La figura 2.46 presenta una captura de pantalla del nuevo formato:

FECHA DE MUESTRA	# DE LINEA	# DETOLV	MATERIA PRIMA	DENSIDAD g	CODIG	ANALISTA REPOSABL	OBSERVACIONE
	1	1	35% CAMARON	600	2002247		
		2	AFRECHO DE CERVEZA	550	2002261		
		3	AGLUTINANTE 25 KG	400	2000112		
		4	CARBONATO DE CALCIO RMO		2002900		
		5	AFRECHO DE CERVEZA		2002261		
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
		11					
		12					
		13					
	2-9-11	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					

Figura 2.46 Captura de pantalla de la hoja Densidades

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de densidades de la figura 2.46, el auxiliar de producción deberá ingresar los valores de densidades de materia prima que recibe una vez al mes por parte del departamento de calidad. Con estos valores trabajará en el nuevo archivo de Excel hasta que reciba una actualización en los valores de densidades.

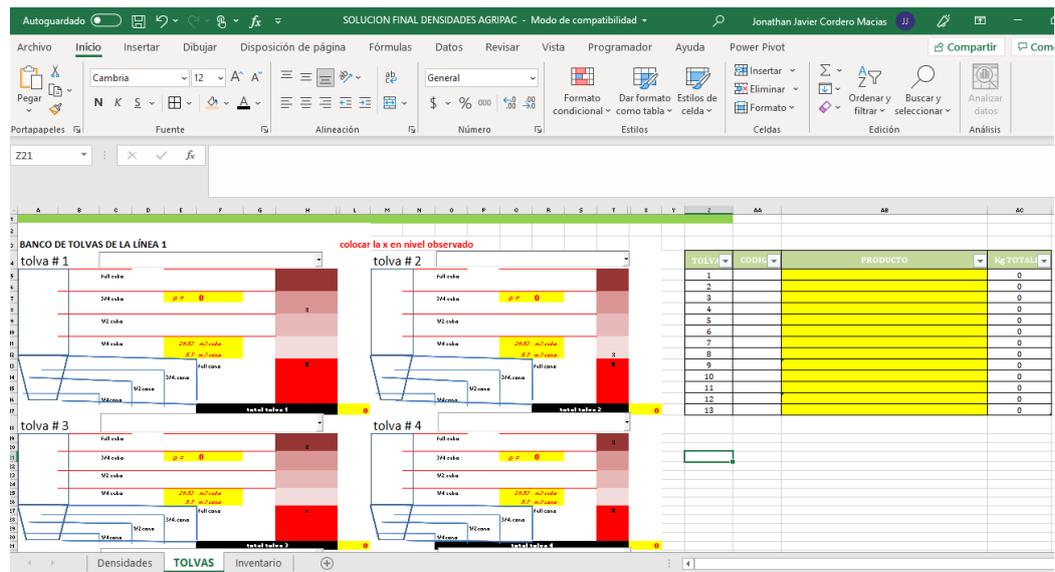


Figura 2.47 Captura de pantalla de la hoja Tolvas

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de tolvas de la figura 2.47, se contará con listas desplegables para cada tolva y los valores de densidades de la materia prima seleccionada en la lista desplegable estarán vinculados por medio de fórmulas para que aparezcan automáticamente según el material seleccionado por el auxiliar de producción, también en la parte derecha estará un cuadro de resumen de niveles de stock por cada línea.

Inventario en Tolvas por Línea									
Código	Producto	Línea 1	Línea 3	Línea 4	Tolvas Molienda	Línea 2	Línea 12	Total	
2002247	35% CAMARON	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003920	ADINOX P 2551	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002261	AFRECHO DE CERVEZA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000062	AFRECHO DE TRIGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002890	AFRECHO DE TRIGO PELETIZADO TRITUR. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000112	AGLUTINANTE 25 KG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004049	AQUA - LYSO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003759	AQUAVI MET-MET (DL-METIONIL/METIONI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000043	ARBOCEL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000085	ARROCILLO 3/4 1KG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000053	BENTONITA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002900	CARBONATO DE CALCIO FINO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003601	CLORURO DE COLINA B.SILICA 25KG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003333	CLORURO DE POTASIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003550	FINOS GRANULADO 42%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000126	FOSFATO DICALCICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1000155	FOSFATO MONOCALCICO 50 KG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003790	FYLAX SP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 2.48 Captura de pantalla de la hoja Inventario

Fuente: Elaboración propia

En la hoja de Inventario de la figura 2.48, se elaboró un cuadro resumen en donde estarán las siguientes columnas: Código, Producto, Línea 1, Línea 3, Línea 4, Tolvas Molienda, Línea 2, Línea 12 y Total. Este cuadro estará vinculado mediante funciones a las dos hojas anteriores y mostrará un resumen de niveles de inventario por producto y por línea, así como el total de cada producto en la planta para mejor control de los stocks.

Implementar un nuevo sistema de control de inventario para materias primas en tolvas

Las líneas de producción de la compañía cuentan con registros de dosificación, es decir lo que entrega cada tolva a la producción diaria, los abastecimientos son controlados por operadores que pueden llevar un control de la cantidad exacta que abastecieron a cada tolva. Por lo tanto, es posible establecer una nueva manera de calcular el nivel de stock en tolvas mediante la ecuación 2.2:

$$\text{Inventario disponible} = \text{Saldo anterior} + \text{Abastecimiento} - \text{dosificación} \quad (2.2)$$

Para que este método funcione, se necesita que las tolvas empiecen vacías para que en el primer día el saldo anterior sea igual a cero y el inventario disponible como se muestra en la ecuación 2.3:

$$\text{Inventario disponible} = \text{Abastecimiento} - \text{dosificación} \quad (2.3)$$

Para el día 2 en adelante la fórmula volverá a ser la inicialmente planteada.

Para la implementación de este método se creó un instructivo para el personal de la compañía y se diseñaron 2 formatos: Uno para los operadores abastecedores de tolvas el cual deberá ser llenado a mano y uno para los auxiliares de producción que será manejado en Excel.

CONTROL DE STOCK DE INVENTARIOS EN TOLVAS EN LINEAS DE PRODUCCIÓN

ELABORADO POR: D. VALDIVIEZO – J. CORDERO

APROBADO POR: ING. RENATO PESANTES

SEPTIEMBRE 2021

MEDICIÓN DE STOCK DE INVENTARIOS EN TOLVAS EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

Figura 2.49 Instructivo para uso de nuevo control de stock de inventarios en tolvas

Fuente: Elaboración propia

En el instructivo que muestra en la figura 2.49, se puede encontrar información acerca del nuevo método de control de stock de materias primas en tolvas, así como la explicación de cada formato creado para que sea llevado a cabo. A continuación, se muestran a más detalle el formato para los operadores abastecedores de tolvas y el formato para el auxiliar

de producción creados para llevar a cabo este método como se muestra a continuación.

REPORTE DE INVENTARIO DISPONIBLE EN TOLVAS						
Fecha: 2/9/2021			Línea: 1			
Turno: 1			Responsable: JJCM			
Tolva	CÓDIGO	SALDO INICIAL (kg)	ABASTECIMIENTO (kg)	CONSUMO REAL (kg)	SALDO FINAL (kg)	COMENTARIOS
1	2002261	0	500	200	300	
REPORTE DE INVENTARIO DISPONIBLE EN TOLVAS						
Fecha: 2/9/2021			Línea: 1			
Turno: 2			Responsable: JJCM			
Tolva	CÓDIGO	SALDO INICIAL (kg)	ABASTECIMIENTO (kg)	CONSUMO REAL (kg)	SALDO FINAL (kg)	COMENTARIOS
1	2002261	300	800	600	200	

Figura 2.50 Formato del operador

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.50 se muestran dos secciones que serán explicadas a continuación.

Sección 1: Se debe colocar la fecha en la que se llena el reporte, el turno (1 (De 8:00 a 20:00), 2 (De 20:00 a 8:00)), la línea y el nombre del operador responsable de llenar el reporte.

Sección 2: Se ingresa: Número de tolva, código de materia prima, Saldo inicial (Para el día 1 debe contener el valor de cero, de allí en adelante debe ser el mismo valor de SALDO FINAL (kg) del turno anterior, Abastecimiento (corresponde al total de sacos abastecidos x el peso de cada saco), Consumo real (corresponde a las dosificaciones de ese material durante el turno de trabajo), Saldo Final (corresponde a la operación de Saldo Inicial + Abastecimiento – Consumo Real).

Nota: El operador puede realizar varios borradores debido a que puede abastecer más de una vez a cada tolva durante su jornada, pero el documento entregable debe ser acorde a lo especificado anteriormente.

Recordatorio: Luego del día uno, los saldos iniciales para cada tolva corresponderán al valor de Saldo Final del turno anterior, como se muestra a continuación.

REPORTE DE INVENTARIO DISPONIBLE EN TOLVAS

Auxiliar: _____
Fecha: _____

Tolva	CÓDIGO	MATERIA PRIMA	DD	MM	AAAA	SALDO INICIAL (kg)	ABASTECIMIENTO (kg)	CONSUMO REAL (kg)	SALDO FINAL (kg)	RESPONSABLE	SUPERVISOR	COMENTARIOS
1	2000062	AFRECHO DE TRIGO	25	8	2021	0	234	120	114			
2	2000112	AGLUTINANTE 25 KG	25	8	2021	0	500	410	90			
3			25	8	2021	0						
4			25	8	2021	0						
5			25	8	2021	0						
6			25	8	2021	0						
7			25	8	2021	0						
8			25	8	2021	0						
9			25	8	2021	0						
10			25	8	2021	0						
11			25	8	2021	0						
12			25	8	2021	0						
13			25	8	2021	0						
1	2000062	AFRECHO DE TRIGO	26	8	2021	114	1000	200	914			
2	2000112	AGLUTINANTE 25 KG	26	8	2021	90	500	300	290			

Figura 2.51 Formato del auxiliar de producción

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.51 se muestran dos secciones que serán explicadas a continuación.

Sección 1: Se debe colocar el nombre del auxiliar que realiza el Reporte, la fecha en la que se llena el reporte.

Sección 2: Se ingresa: Número de tolva, código de materia prima, fecha en formato: DD, MM, AAAA; Saldo inicial (Para el día 1 debe contener el valor de cero, para los demás días se completará automáticamente con fórmulas de Excel; Abastecimiento (el total de los dos turnos de la jornada laboral); Consumo real (El total de los dos turnos de la jornada laboral), Responsable (El nombre de los operadores de los dos turnos de la jornada laboral), Supervisor (El nombre del/los supervisores de los dos turnos de la jornada laboral).

Nota: El auxiliar de producción deberá llenar una hoja por cada línea las cuales se encuentran en el mismo archivo de Excel.

Implementar un nuevo sistema de control de inventario para líquidos

De igual manera que en materia prima, se estableció la misma fórmula para calcular los niveles de inventario en tanques. De igual manera las líneas cuentan con registros de dosificación por lo que se puede utilizar la fórmula que se muestra en la ecuación 2.4.

$$\text{Inventario disponible} = \text{Saldo anterior} + \text{Abastecimiento} - \text{dosificación} \quad (2.4)$$

La metodología será exactamente igual a la descrita para materias primas.

2.5 Control

Se elaboró un plan de control para una implementación adecuada de todas las soluciones propuestas para que sean viables a largo plazo. Dicho plan de control se lo observa en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Plan de control

Fuente: Elaboración propia

PLAN DE CONTROL								
N°	Solucion	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	Reacción
1	Desarrollar un programa que reciba dos documentos y al final entregue el kardex con los valores de densidad actualizados.	Actualizar densidades automáticamente	Para evitar cambios abruptos en los niveles de inventarios de materia prima	El analista de calidad hace la transferencia de la hoja con las nuevas densidades y el asistente de producción hace el	Area de calidad	Mensualmente	Auxiliar de producción + Área de calidad	Si el valor de la materia prima de un mes, es igual al del mes anterior
2	Implantar un nuevo sistema de control de inventario de materias primas en tolvas.	Desarrollar un método complementario de medición de materia prima en las tolvas	Para evitar cambios abruptos en los niveles de inventarios de materia prima	El operador registra los valores totales de suministro y dosificación en cada tolva de la línea a la que pertenece	Area de producción	Diario	Operadores de proveedores + Auxiliar de producción	Cuando el operador no ha rellenado los datos de suministro y dosificación en su formato
3	Implantar un nuevo sistema de control de inventario de líquidos.	Desarrollar un método complementario de medición de líquidos en los tanques	Para evitar cambios abruptos en los niveles de inventarios de líquidos	El operador registra los valores totales de suministro y dosificación en cada uno de los depósitos en la línea 3-8	Linea de producción 3-8	Diario	Oficina de producción de líneas + Auxiliar de producción	Cuando el operador no ha rellenado los datos de suministro y dosificación en su formato

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados de la simulación

Se realizó una simulación para la solución de la actualización de los valores de densidades de las materias primas, comparando el método actual con el método propuesto tomando un kardex del primer turno del día, de la línea 1 de producción del mes de junio para comparar con nuestro nuevo formato mejorado, los resultados se pueden observar a continuación.

Tabla 3.1 Antes y después de solución simulada

Fuente: Elaboración propia

Costo unitario de la materia prima (\$)	Comparación			Diferencia			
	Valor real (kg)	Método actual (kg)	Método mejorado (kg)	Método actual (kg)	Costo por diferencia absoluta (\$)	Método mejorado (kg)	Costo por diferencia absoluta (\$)
\$0.56	15,000.00	18,490.70	16,613.80	3,490.70	\$1,946.30	1,613.80	\$899.80
\$0.31	3,200.00	3,335.60	3,284.30	135.60	\$42.38	84.30	\$26.35
\$0.39	12,000.00	11,849.20	12,098.90	150.80	\$58.43	98.90	\$38.33
\$0.35	19,600.00	19,346.80	19,701.90	253.20	\$89.59	101.90	\$36.05
\$0.27	1,000.00	1,562.40	806.60	562.40	\$150.06	193.50	\$51.62
\$0.27	8,300.00	7,592.50	8,550.30	707.50	\$188.78	250.30	\$66.78
\$0.33	300.00	335.50	257.80	35.50	\$11.71	42.20	\$13.93
\$0.29	7,700.00	7,145.50	8,021.60	554.50	\$158.58	321.60	\$91.98
\$0.73	300.00	228.70	335.40	71.30	\$52.06	35.40	\$25.85
\$0.30	120.00	115.40	119.00	4.60	\$1.38	1.00	\$0.30
Total	67,520.00	70,002.30	69,789.60	5,966.10	\$2,699.27	2,742.90	\$1,250.99

En la Tabla 3.1 se visualiza los valores de costos en la diferencia de inventario en las diferentes materias primas.

Luego de realizar la simulación, el valor del método actual y el método mejorado son de 5.966 kg y 2.742,9 kg respectivamente lo cual da un resultado de mejora de un 38%.

En lo que tiene que ver con los costos asociados a la diferencia absoluta se registró que para el método actual tiene un costo de \$2.699,25 y para el

método mejorado tiene un costo de \$1.250,99 que da un resultado de mejora de un 44% de ahorro.

3.2 Resultados de la implementación

Para la solución número dos en materias primas se capacitó a los operadores y auxiliares para que puedan manejar los formatos correctamente y se realizó una toma de datos correspondiente a una semana antes de implementar y una semana luego de implementar. A continuación, se presenta un resumen de las diferencias obtenidas antes de la implementación que, multiplicadas por el costo unitario de cada material nos devuelve un valor en función de nuestra Y que era el costo total por diferencia de inventario.

Tabla 3.2 Situación antes de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para materia prima

Fuente: Elaboración propia

Material	Texto breve de material	Total 1 SAP (Kg)	Kardex (Kg)	USADO EN NUCLEOS (kg)	Total 2 (Kardex + USADO) (kg)	DIFERENCIA (Kg)	COSTO UNITARIO	COSTO DE DIFERENCIA (\$)
2003177	EMULSIFICANTE	1.332.00	1.332.00	-	1.332.00	-	\$2.23	\$0.00
2002023	GLUTEN DE MAIZ 75%	11.745.95	5.854.50	-	5.854.50	5.891.45	\$1.25	\$7.364.31
2003905	HARINA DE PESCADO 68%	1.970.60	1.300.00	-	1.300.00	670.60	\$1.56	\$1.046.14
2003772	HARINA DE PESCADO PELAGICO 60-64%	16.324.45	3.743.25	1.398.00	5.141.25	11.183.20	\$1.25	\$13.979.00
2002834	HARINA DE POLLO IMPORTADA ALTA	33.836.98	14.640.10	6.000.00	20.640.10	13.196.88	\$1.07	\$14.120.66
2000065	PALMISTE	69.998.07	69.743.26	441.00	70.184.26	-196.19	\$0.25	\$46.55
2003970	PEPTONAS/HEMOGLOBINA PORCINA	47.297.05	32.856.42	4.035.23	36.891.64	10.405.40	\$1.51	\$15.712.16
2003111	SABORIZANTE C SENS 9P	425.00	425.00	-	425.00	-	\$7.07	\$0.00
2002543	SABORIZANTE D TECH 30L	546.00	546.00	-	546.00	-	\$2.30	\$0.00
TOTAL								\$52.268.82

En la Tabla 3.2 se visualiza el costo asociado a la diferencia de inventario para materia prima antes de la implementación de la solución.

Como se puede observar, el costo total de las diferencias de inventario es de \$52,268.82. Luego, se tomaron datos para visualizar la diferencia después de implementar obteniéndose lo siguiente:

Tabla 3.3 Situación después de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para materia prima

Fuente: Elaboración propia

Material	Texto breve de material	Total 1 SAP (Kg)	Kardex (kg)	USADO EN NUCLEOS (kg)	Total 2 (Kardex + USADO) (kg)	DIFERENCIA (kg)	COSTO UNITARIO	COSTO DE DIFERENCIA (\$)
2003177	EMULSIFICANTE	1,812.00	1,812.00	-	1,812.00	-	\$2.23	\$0.00
2002023	GLUTEN DE MAIZ 75%	10,452.20	9,767.80	-	9,767.80	684.40	\$1.25	\$855.50
2003905	HARINA DE PESCADO 68%	2,511.28	2,308.72	-	2,308.72	202.56	\$1.56	\$315.99
2003772	HARINA DE PESCADO PELAGICO 60-64%	17,566.11	11,919.09	2,505.00	14,424.09	3,142.02	\$1.25	\$3,927.53
2002834	HARINA DE POLLO IMPORTADA ALTA	40,588.00	25,033.20	6,000.00	31,033.20	9,554.80	\$1.07	\$10,223.64
2000065	PALMISTE	72,114.22	68,877.94	1,505.64	70,383.58	1,730.64	\$0.25	\$432.66
2003970	PEPTONAS/HEMOGLOBINA PORCINA	42,165.50	36,091.73	4,035.23	40,126.96	2,028.54	\$1.51	\$3,063.10
2003111	SABORIZANTE C'SENS 9P	500.50	400.70	-	400.70	99.80	\$7.07	\$705.59
2002543	SABORIZANTE D'TECH 10L	610.00	606.00	-	606.00	4.00	\$2.30	\$9.20
TOTAL								\$19,533.29

En la Tabla 3.3 se visualiza el costo asociado a la diferencia de inventario para materia prima después de la implementación de la solución.

Como se muestra en la figura 3.1, el costo total de las diferencias de inventario después de implementar se reduce a \$19,533.29. Esta reducción representa un 62.63% del valor inicial. Adicionalmente, se realizó un diagrama de cajas para comparar los valores de los costos de las diferencias de inventarios.

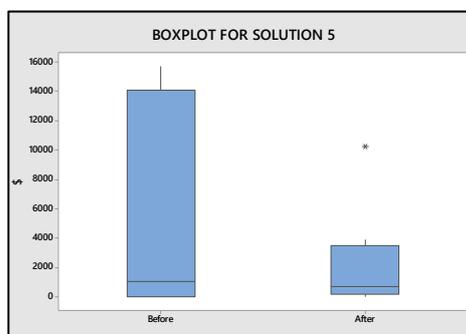


Figura 3.1 Diagrama de cajas de antes y después de la solución 2 para materias primas

Fuente: Elaboración propia

Para la solución de líquidos se realizó una simulación para el nuevo sistema de control de inventarios de líquidos. Esta reducción se presenta principalmente porque ahora los cálculos de niveles de inventario son más exactos ya que utilizan valores reales, a diferencia del método tradicional que utilizaba valores teóricos.

Para la solución propuesta para líquidos de igual manera se capacitó a los operadores y auxiliares para que puedan manejar los formatos correctamente y se realizó una toma de datos correspondiente a una semana antes de implementar y una semana luego de implementar. A continuación, se presenta un resumen de las diferencias obtenidas antes de la implementación que, multiplicadas por el costo unitario de cada líquido nos devuelve un valor en función de nuestra Y que era el costo total por diferencia de inventario.

Tabla 3.4 Situación antes de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para líquidos

Fuente: Elaboración propia

Material	Texto breve de material	Total 1 (Kg SAP)	Kg Kardex	USADO EN NUCLEOS	Total 2 (Kardex + USADO) (kg)	DIFERENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO DE DIFERENCIA (\$)
2000067	ACEITE DE PALMA	29,421.25	26,993.96	-	26,993.96	2,427.28	\$1.06	\$2,572.92
3000850	ACEITE DE PESCADO DOSIFICADO	92,036.62	36,359.19	4,707.76	41,066.95	50,969.67	\$1.44	\$73,396.32
3000660	ACEITE DE POLLO C/ANTIOXIDANTES	45,925.98	21,099.66	-	21,099.66	24,826.32	\$1.36	\$33,763.79
2000057	MELAZA	349.93	715.69	-	715.69	- 365.76	\$0.24	\$87.78
TOTAL								\$109,820.81

En la Tabla 3.4 se visualiza el costo asociado a la diferencia de inventario para líquidos antes de la implementación de la solución. Como se puede observar, el costo total de las diferencias de inventario es de \$109,820.81. Luego, se tomaron datos para visualizar la diferencia después de implementar.

Tabla 3.5 Situación después de implementar la solución de nuevo sistema de inventario para líquidos

Fuente: Elaboración propia

Material	Texto breve de material	Total 1 (Kg SAP)	Kg Kardex	USADO EN NUCLEOS	Total 2 (Kardex + USADO) (kg)	DIFERENCIA	COSTO UNITARIO	COSTO DE DIFERENCIA (\$)
2000067	ACEITE DE PALMA	34,210.50	31,230.50	-	31,230.50	2,980.00	\$1.06	\$3,158.80
3000850	ACEITE DE PESCADO DOSIFICADO	85,288.60	65,250.10	-	65,250.10	20,038.50	\$1.44	\$28,855.44
3000660	ACEITE DE POLLO C/ANTIOXIDANTES	50,669.33	40,660.15	2,406.30	43,066.45	7,602.88	\$1.36	\$10,339.92
2000057	MELAZA	510.77	500.50	-	500.50	10.27	\$0.24	\$2.46
TOTAL								\$42,356.62

En la Tabla 3.5 se visualiza el costo asociado a la diferencia de inventario en materia prima después de la implementación de la solución. Como se puede observar, el costo total de las diferencias de inventario después de implementar es de \$42,356.52. Esta reducción representa un 61.43% del valor inicial. Adicionalmente, se realizó un diagrama de cajas para comparar los valores de los costos de las diferencias de inventarios.

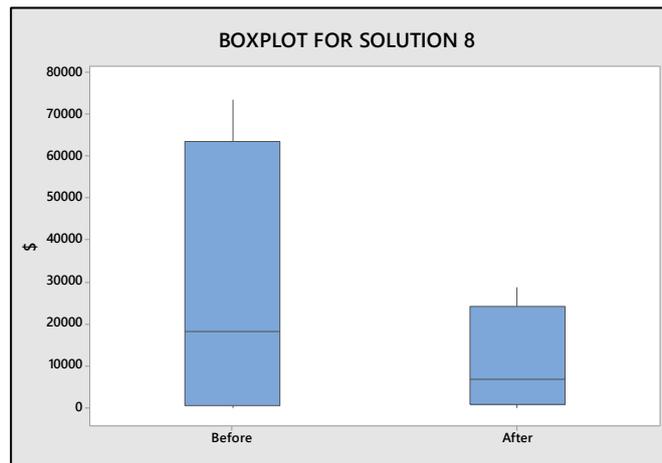


Figura 3.2 Diagrama de cajas de antes y después de la solución para líquidos

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 3.2, las soluciones lograron reducir las diferencias de inventario para materia prima y líquidos

3.3 Resultados de los pilares de sostenibilidad

3.3.1 Pilar Social

Se logró reducir los niveles de estrés en los operadores debido a que gracias al nuevo método de medición ya no tienen que subir a realizar la medición visual de tolvas.

3.3.2 Pilar Económico

En este pilar se pudo lograr una reducción en la diferencia absoluta en los costos de materia prima y líquidos, en la tabla a continuación se evidencia los porcentajes de reducción de los costos por diferencia de inventario para cada una de las soluciones del proyecto.

Tabla 3.6 Resultados del pilar económico del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Solución	Antes	Después	Porcentaje de reducción
Realizar una hoja de excel que garantice la actualización de los valores de densidad en materia prima	\$2,699.25	\$899.80	44%
Implementar un nuevo sistema de control de inventario de materia primas en tolvas	\$52,268.92	\$19,533.19	62.63%
Implementar un nuevo sistema de control de inventario de líquidos	\$109,820.81	\$42,356.62	61.43%

En la Tabla 3.6 se visualiza los costos antes y después de la implementación con sus respectivos porcentajes de reducción.

Se puede observar que las soluciones 1, 2 y 3 reducen un 44%, 63.63% y un 61.43% el costo por diferencia de inventario respectivamente, dando un porcentaje de reducción promedio de 56.02% en general.

3.3.3 Pilar Ambiental

En este pilar trata sobre el desperdicio que se da en los líquidos, ya sea porque exista sobredosificación o por el mal manejo en el stock de líquido, en la tabla 3.7 se evidencia la reducción de la cantidad de líquidos en una orden de producción.

Tabla 3.7 Porcentajes de reducción de líquidos

Fuente: Elaboración propia

Nombre del líquido	Antes (kg)	Después (kg)	Porcentaje de reducción (%)
Aceite de palma	2,427.28	2,080.00	14.31%
Aceite de pescado	50,969.67	40,038.50	21.45%
Aceite de pollo	24,826.32	16,020.88	35.47%
Melaza	365.76	200.27	45.25%

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logró una reducción de un 44% en la diferencia absoluta de los costos asociado a la diferencia de inventario entre el método actual y el método propuesto.
- Se logró una reducción de un 62,63% en el costo por diferencia de inventario en el registro de materia prima en las tolvas entre el método actual y el método propuesto.
- Se logró una reducción de un 61,43% en el costo por diferencia de inventario en los líquidos en los tanques entre el método actual y el método propuesto.

4.2 Recomendaciones

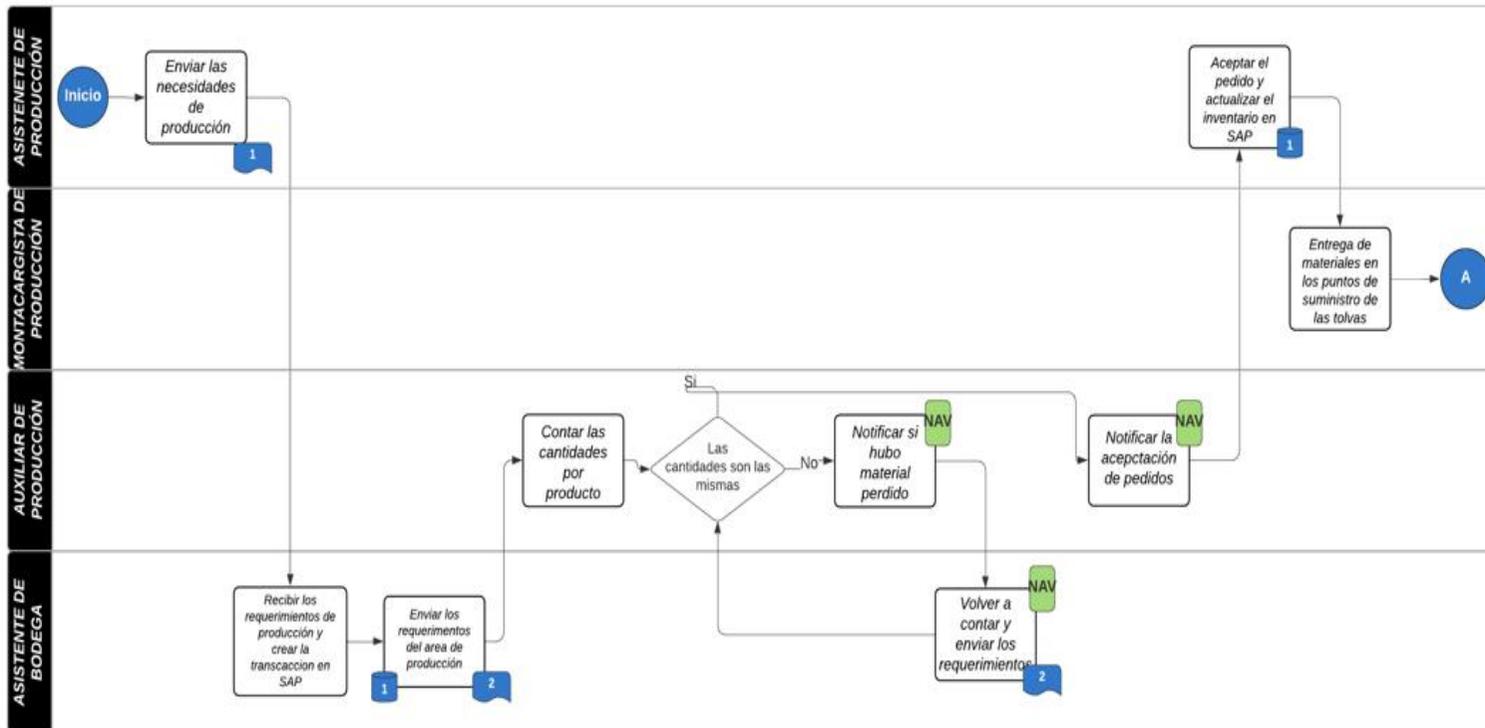
- Seguir el descriptivo de las diferentes soluciones implementadas.
- Usar una herramienta (caña de pescar) para mejorar las mediciones en las diferentes líneas de producción.
- Calibración continua de la báscula para líquidos en la línea 3-8.

BIBLIOGRAFÍA

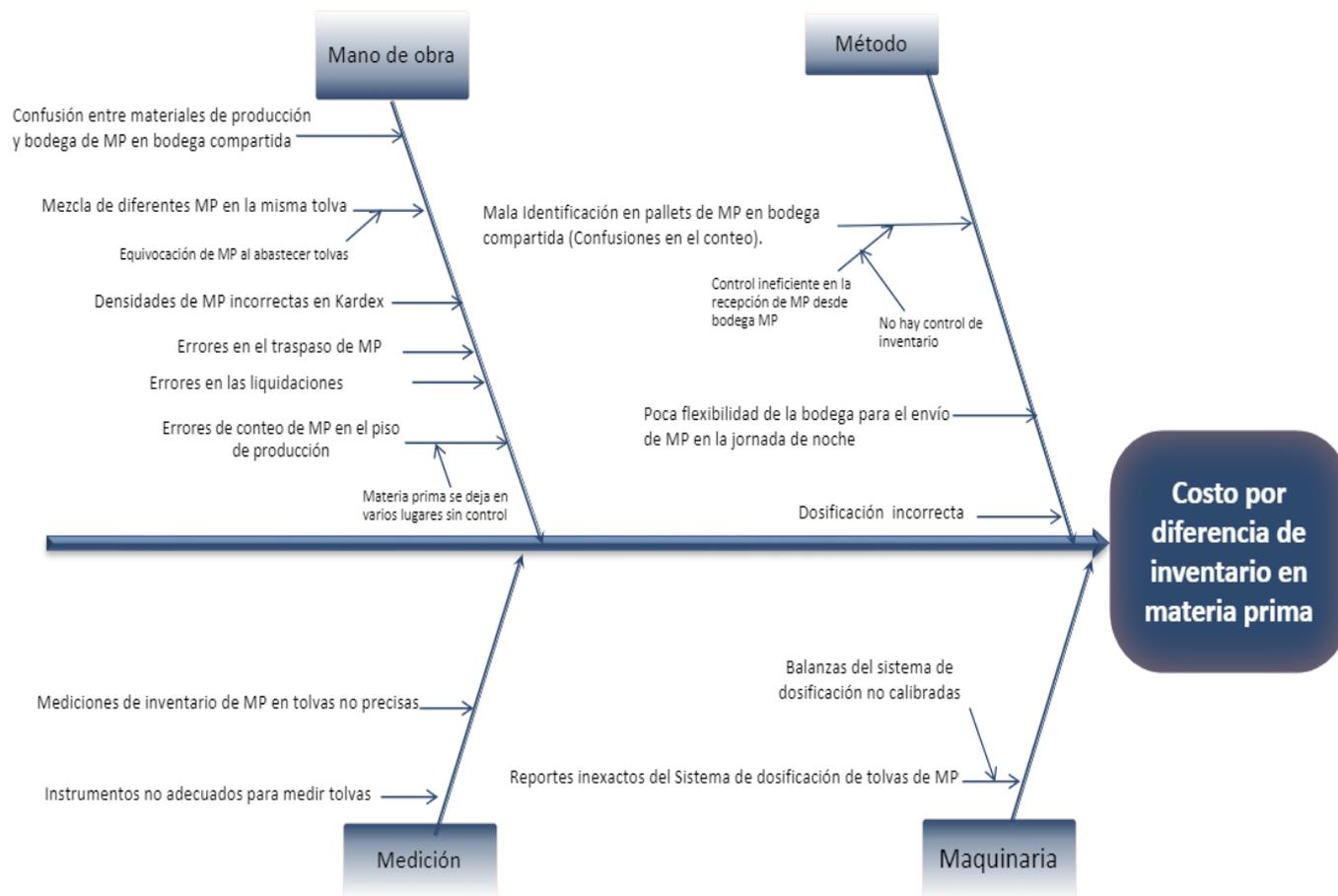
- [1] Agripac S.A. (2021). Agripac: ¿Quiénes somos? Retrieved from <https://agripac.com.ec/quienes-somos/>
- [2] Flamarique, S. (2018). *Gestión de existencias en el almacén*. 118. Retrieved from https://books.google.com/books/about/Gestión_de_existencias_en_el_almacén.html?hl=es&id=CDd8DwAAQBAJ
- [3] Guerrero, H. (2017). *Inventario: Manejo y Control* (Segunda). ECOE.
- [4] Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera). México D.F.: The McGraw-Hill Company.
- [5] Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide* (A. Q. Press, Ed.).
- [6] The Council for Six Sigma Certification. (2018). *Six Sigma: A Complete Step-by-Step Guide* (The Council for Six Sigma Certification, Ed.). The Council for Six Sigma Certification.
- [7] Yang, K. (2007). *Voice of the Customer: Capture and Analysis* (First; McGraw-Hill Education, Ed.). McGraw-Hill Education.

APÉNDICES

APÉNDICE A: Diagrama de flujo del proceso de recepción de pedido



APÉNDICE B: Diagramas de Ishikawa materia prima



APÉNDICE C: Diagramas de Ishikawa líquidos

