

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Optimizando “Hacienda Tambillo Alto”: REDUCCIÓN DE
DESPERDICIOS EN LA PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS CON LA
IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX SIGMA**

Carlos David Bustos Grijalva

Cristian Andrés Hidalgo Jaramillo

Mateo Xavier Orquera Vásquez

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Quito, 13 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Optimizando “Hacienda Tambillo Alto”: REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN LA
PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX
SIGMA**

Carlos David Bustos Grijalva

Cristian Andrés Hidalgo Jaramillo

Mateo Xavier Orquera Vásquez

Nombre del profesor, Título Académico

Kenya Velasco Tapia, MS

Quito, diciembre 2023

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y Apellidos: Carlos David Bustos Grijalva

Código: 00213773

Cédula de identidad: 1753402641

Nombres y Apellidos: Cristian Andrés Hidalgo Jaramillo

Código: 00211539

Cédula de identidad: 1757980683

Nombres y Apellidos: Mateo Xavier Orquera Vásquez

Código: 00213106

Cédula de identidad: 1725541849

Lugar y Fecha: Quito, 13 de diciembre de 2023.

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

La industria alimentaria, especialmente en Ecuador, es fundamental para la economía del país, representando un gran porcentaje de la industria manufacturera y del Producto Interno Bruto (PIB). A pesar de su importancia, esta industria enfrenta desafíos como la seguridad alimentaria, la competencia internacional y los cambios post-COVID-19. Dentro de este sector, la industria láctea juega un papel significativo en Ecuador, con un crecimiento moderado en las últimas dos décadas. Aunque ha experimentado un aumento en las zonas rurales, se enfrenta a problemas de desigualdad social entre los productores y a la falta de modernización e innovación tecnológica. La optimización de los procesos de producción es esencial para el desarrollo de la industria láctea, ya que la planificación diaria a menudo enfrenta problemas de falta de estandarización. Los procesos clave incluyen la alimentación del ganado, el ordeño y la producción de productos lácteos. La calidad de la leche está directamente relacionada con la calidad del alimento proporcionado a las vacas. Para impulsar la industria láctea, se sugieren mejoras que involucran la implementación de metodologías como Lean y la gestión del cambio. Herramientas como el mapa de procesos, el mapa de flujo de valor, Kanban y en general las herramientas LEAN son clave para evaluar y mejorar el desempeño de los procesos. La estandarización de procesos busca garantizar la calidad homogénea y reducir costos. La inclusión de estas mejoras puede reflejarse en indicadores como el porcentaje de utilización, la capacidad, el sistema de distribución y la eficiencia, contribuyendo así al crecimiento y desarrollo sostenible de la industria láctea en Ecuador.

Palabras clave: DMAIC, lean, producción láctea, abastecimiento, pesaje de alimento, optimización, tiempos de traslados, Kanban automatizado

ABSTRACT

The food industry, especially in Ecuador, is fundamental to the country's economy, representing a large percentage of the manufacturing industry and the Gross Domestic Product (GDP). Despite its importance, this sector faces challenges such as food security, international competition, and post-COVID-19 changes. Within this sector, the dairy industry plays a significant role in Ecuador, with moderate growth in the last two decades. Although it has experienced an increase in rural areas, it faces problems of social inequality among producers and a lack of modernization and technological innovation. The optimization of production processes is essential for the development of the dairy industry, as daily planning often faces problems of lack of standardization. Key processes include livestock feeding, milking, and dairy production. The quality of milk is directly related to the quality of the feed provided to the cows. To boost the dairy industry, improvements are suggested that involve the implementation of methodologies such as Lean and change management. Tools such as the process map, the value stream map, Kanban, and in general LEAN tools are key to evaluating and improving process performance. The standardization of processes seeks to guarantee homogeneous quality and reduce costs. The inclusion of these improvements can be reflected in indicators such as percentage of utilization, capacity, distribution system, and efficiency, thus contributing to the growth and sustainable development of the dairy industry in Ecuador.

Key words: DMAIC, lean, dairy production, supply, feed weighing, optimization, transfer times, automated kanban

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
REVISIÓN LITERARIA	13
METODOLOGÍA	15
DMAIC:	16
Lean Six Sigma:	17
CASO DE ESTUDIO	18
Descripción de la empresa	18
Definir:	20
Medir:	25
Producción de Leche.	26
Almacenamiento de comida y minerales.	26
Pesaje de alimento.	28
Analizar:	30
Costos.	30
Producción de leche.	30
Almacenamiento de comida y minerales.	40
Pesaje de alimento.	44
Implementar:	45
Producción de la leche.	45
Almacenamiento de comida y minerales.	48
Pesaje de alimento.	59
Controlar:	59
Producción de leche.	59
Almacenamiento de comida y minerales.	60

Pesaje de alimento.....	60
CONCLUSIONES.....	61
LIMITACIONES	63
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos en la bodega de minerales	27
Tabla 2. Tiempos en la bodega de insumos.....	27
Tabla 3. Tiempos en la bodega de balanceados	28
Tabla 4. Tiempos en proceso de Hacienda Tambillo Alto.....	28
Tabla 5. Costos de implementaciones requeridos	52
Tabla 6. Tiempos de traslado en Hacienda Tambillo Alto después de implementación	54
Tabla 7. Tiempos de traslado en bodega de minerales después de implementación.....	55
Tabla 8. Tiempos de traslado en bodega de insumos después de implementación	56
Tabla 9. Tiempos de traslado en bodega de balanceados después de implementación.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Costos 2022	21
Gráfico 2. Pareto para priorización de costos	21
Gráfico 3. Mapeo Proceso Alimenticio Hacienda Tambillo Alto	23
Gráfico 4. Mapeo Proceso de Ordeño Hacienda tambillo Alto	24
Gráfico 5. 5 Why's.....	25
Gráfico 6. Dieta con cantidades específicas (nutricionista).....	29
Gráfico 7. Gráfica I-MR de Litros de leche 2022 (Minitab).....	31
Gráfico 8. Gráfica I-MR de Litros de leche 2023	32
Gráfico 9. Puntos fuera de control para ambos años	33
Gráfico 10. Gráfica I-MR de 2022 sin atípicos negativos	34
Gráfico 11. Gráfica I-MR de 2023 sin datos atípicos negativos.....	35
Gráfico 12. Carta de control I-MR del año 2022	36
Gráfico 13. I-MR de 2023 real.....	37
Gráfico 14. Gráfica distribución Normal 2023	38
Gráfico 15. Capacidad del proceso 2023	39
Gráfico 16. Diagrama de spaguetti de Hacienda Tambillo Alto	41
Gráfico 17. Diagrama de spaguetti de bodega de minerales.....	42
Gráfico 18. Diagrama de spaguetti de bodega de insumos.....	43
Gráfico 19. Diagrama de spaguetti de bodega de balanceados.....	44
Gráfico 20. Estaciones en proceso productivo de leche 2023	46
Gráfico 21. Ciclos de producción periodo 2024	47
Gráfico 22. Señaléticas impresas en vinil para implementación	51
Gráfico 23. Diagrama de spaguetti de Hacienda Tambillo Alto Después.....	53
Gráfico 24. Diagrama de spaguetti de bodega de minerales Después	55
Gráfico 25. Diagrama de spaguetti de bodega de insumos Después	56
Gráfico 26. Diagrama de spaguetti de bodega de balanceados Después	57

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria es una de las más importantes de la globalización contemporánea que se ha formado con los años y se ha expandido con inversiones estratégicas para satisfacer la creciente demanda que se va formando con el tiempo (Caicedo, 2019). A pesar de la demanda que puede tener, la industria alimenticia posee varias ramas que se enfocan en diferentes productos, por ende, tienen procesos que pueden variar para lo cual se necesitan enfoques que se acoplen al objetivo principal de la industria (Sosa Baldivia & Ruíz Ibarra, 2017). Hablando localmente, en Ecuador, la industria alimenticia posee una gran participación en el mercado tanto en alimentos como en bebidas siendo extremadamente relevante para los ingresos del país. Según un estudio del Banco Central del Ecuador, el sector de alimentos y bebidas contempla un 45% de industria manufacturera en el país, así como también un 6.6% de participación en el Producto Interno Bruto conocido como PIB (Mucho Mejor Ecuador, 2022). Por estos motivos, es normal querer fomentar la participación de la ciudadanía dentro de esta industria, y de igual manera, es muy importante mejorar la industria y para eso se deben trabajar varios aspectos y limitantes.

La industria láctea es uno de los tópicos manejados a nivel mundial, caracterizado por el aumento constante de competidores, tecnologías nuevas y mejores métodos de producción. Varias empresas de alimentos en Ecuador utilizan productos lácteos como ingredientes en sus productos, por lo tanto, la disponibilidad y el costo de la leche, el queso y los otros productos lácteos pueden influir en los costos de producción y también en los precios de los productos finales. Es por esta razón que la industria láctea ecuatoriana posee grandes porcentajes de actividades agrícolas y ganaderas, representando un 6.1% de la red empresarial (Rómulo et al., s/f). No obstante, a pesar de que la industria láctea en Ecuador ha experimentado un crecimiento significativo en las zonas rurales. (Barrera, 2021), ha existido una falta de modernización e

innovación tecnológica en la cadena láctea, lo que ha generado asimetrías sociales entre los productores, actualmente, los mayores cambios se dan en la implementación de las políticas sociales cuando intentan transformar su alcance, efectividad y eficiencia (Uriarte-Gastón, M. 2004). Según la mayoría de los productores, alrededor del 70 %, consideran que la producción de leche es rentable, mientras que el 30 % restante considera que no lo es, este número nos da una noción de porque es importante invertir recursos en el crecimiento de la industria láctea dentro del país. (Ecuador & De Gestión, 2009).

Por eso es necesario comprender la productividad y la competitividad del sector revisando criterios locales o aledaños. Según encuestas realizadas a pequeños y medianos productores de leche e industrias lácteas del cantón Riobamba se llegó a la conclusión de que los sistemas de producción y comercialización, así como los eslabones y acuerdos dentro de la cadena productiva han tenido un desarrollo sustancial, pero de igual manera es necesario realizar un enfoque más directo a los procesos de toda la cadena de suministro para llegar a conclusiones más sólidas. (Zambrano et al., 2017). Es necesario entender estas dinámicas midiendo parámetros como la productividad y la competitividad. Por otro lado, la capacidad de producción en la industria láctea de la ciudad de Puyo en la provincia de Pastaza es un muy buen ejemplo en donde se puede analizar las prácticas de la industria láctea y así proponer alternativas de solución para impulsar la producción y reducir gastos innecesarios por tiempos muertos en la fabricación diaria, aprovechando las capacidades instaladas. Estos procesos pueden analizarse para aplicar y desarrollarse (Zambrano et al., 2017).

Con todas estas premisas el objetivo de este proyecto es la implementación óptima de Lean Six Sigma dentro de la Hacienda Tambillo Alto para mejorar las operaciones dentro de la misma, para lo cual se ha planteado la siguiente pregunta:

¿Cómo se puede aplicar eficazmente la metodología Lean Six Sigma en una finca ganadera y planta de producción de leche para mejorar la eficiencia operativa?

REVISIÓN LITERARIA

Esta sección incluye la revisión literaria de temas como los problemas dentro de la industria de lácteos y las posibles herramientas para solucionarlos, incluyendo herramientas de mejora continua como Lean Six Sigma (LSS). Estos conceptos serán el sustento para el desarrollo de la propuesta metodológica para el caso de estudio en la Hacienda Tambillo Alto.

El sector lácteo en el Ecuador no es ajeno a las características de una estructura atomizada en la producción de leche. En los últimos años el sector lácteo ha crecido, sobre todo por la mejora de condiciones económicas y el cambio en los hábitos de consumo, donde los lácteos son parte de la dieta de los consumidores, para apoyar este crecimiento es necesario enfocarnos en los procesos ya que aquí se encuentran las formas de desarrollar la industria láctea y ayudar a su crecimiento. (Zambrano & Simbaña, 2017). La optimización de los procesos de producción es una tarea muy importante que debe resolverse en la planificación estratégica y operativa de cada empresa industrial.

En el Ecuador, de manera general, uno de los principales procesos de las plantas de lácteos es el de alimentación. Entre las principales necesidades de los bovinos están: mantenimiento, crecimiento, desarrollo, nutrición y alimentación. La productividad y la calidad de la leche dependen de la calidad de los pastos y esta relación es proporcional, es decir, mientras el alimento de las vacas sea de mayor calidad, la producción aumentara y la calidad de la leche, el uso de concentrados minerales y suplementos son un apoyo sustancial para la rentabilidad del ganado, pero se debe cuidar de que no afecten a los costos de producción. (Guanangui, 2016). Otro proceso crucial en la producción de leche es el ordeño, que es la

extracción de leche apretando el pezón de las vacas, esta técnica debe ser aplicada con el cuidado necesario para no lesionar al animal.

Otro de los procesos principales es la producción de productos lácteos. En un trabajo desarrollado por Neyfe Sablón (2017) en la ciudad de Puyo se observa un ejemplo de producción de tres productos; leche, queso de mesa y queso para sopa. que se envían a la venta al día siguiente. Cabe recalcar que, en caso de no vender, se venden a empresas como heladerías, orfanatos y particulares al tercer día. La compra media diaria es de 50 litros de leche pasteurizada y 20 quesos para orfanatos y particulares. Por otro lado, la planificación diaria de la producción es uno de los problemas más difíciles que enfrenta la industria lechera, es muy común encontrar problemas por falta de estandarización, lo que frena la producción (Jablonsky & Skocdopolova, 2017). Los procesos involucrados en la producción de leche incluyen recepción de materia prima, filtrado, enfriamiento, pasteurización, homogeneización, enfriamiento, envasado y almacenamiento en cámara frigorífica. Todos estos procesos contienen mejoras latentes, aplicar herramientas de Lean Six Sigma es una oportunidad muy importante dentro del sector lácteo, y en general la implementación de mejora continua (Sabl, 2017).

Para lograr la mejora continua es necesaria la reducción de desperdicios y la optimización de procesos trabajar de manera conjunta con la metodología Lean y gestión del cambio para la reducción de variabilidad. Cuando se habla de “aumentar la producción” en una empresa de alimento, las herramientas claves para tener en cuenta son las siguientes: Mapa de procesos, VSM (Value Stream Map), Kaizen newspaper (García y Acosta, 2022). Es el caso en plantas de producción en Cuenca, donde se identificaron herramientas como el diagrama de espagueti, las 5S, el Mapeo de Flujo de Valor y el VSM como herramientas importantes y necesarias para evaluar y mejorar el desempeño de los procesos (Mandleta Durán, 2023). La estandarización de procesos busca estabilizar todos los procesos internos y externos, así se

garantiza una calidad homogénea y se reducen los costos a la mano y se optimizan los recursos (Guanangui, 2016). Algunas de las herramientas recomendadas para realizar este objetivo son las siguientes: Diagrama de flujo, listas de verificación, histogramas, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, gráficos de control y listas de verificación (Guanangui, 2016). Los resultados principales de la inclusión de las mejoras descritas pueden reflejarse en los indicadores de porcentaje de utilización, capacidad, sistema de distribución y aumento de la eficiencia. (García y Acosta, 2022). Para una mejor comprensión del uso de estas herramientas en una planta de producción de lácteos se revisará el siguiente caso real; en el área de producción de la industria láctea “Lácteos Amazonas” de la parroquia Lasso se utilizó la metodología de Lean Manufacturing para la generación de un modelo de gestión de procesos para el mejoramiento del nivel de productividad. La búsqueda de la reducción de costes mediante Lean Manufacturing implica varios principios y técnicas para eliminar los residuos en todos los procesos de producción o de servicios. Este caso deja en manifiesto que se pueden realizar transformaciones en el proceso productivo y en la cultura organizacional de la empresa mediante herramientas de la ingeniería y administración poco utilizadas obteniendo como resultado una elevación de los niveles de productividad de hasta un 5% en los primeros meses de su aplicación (Monga y Herrera, 2023).

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se ha seleccionado la implementación de Lean Six Sigma bajo la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), la cual se apoya en el uso herramientas estadísticas y administrativas para mejorar los resultados de desempeño de los procesos y productos de una empresa (Socconini, 2015). La elección de esta metodología responde a la necesidad de optimizar los procesos de producción y asegurar la eficiencia en todas las etapas. Ante el constante desafío de mejorar la productividad y la calidad

en este entorno, la estructura lógica y sistemática de DMAIC se presenta como la herramienta idónea para identificar, analizar, resolver problemas de manera precisa y lograr la excelencia en la calidad y eficiencia de los procesos empresariales (McJoynt, T, 2009). Por otro lado, la implementación de Lean Six Sigma (LSS) en la finca no solo busca eliminar defectos y reducir la variabilidad, sino que también apunta a inculcar una cultura de mejora continua.

DMAIC:

Esta metodología se divide en cinco fases interconectadas las cuales son:

Definir (Define): Esta fase implica la identificación clara del problema o la oportunidad de mejora. Durante esta etapa, se establecen los objetivos del proyecto, se definen los límites del proceso y se crea un equipo funcional. El resultado de esta fase es tener un enfoque claro y la definición del problema que servirá como guía para las siguientes etapas

Medir (Measure): Esta fase se enfoca en recopilar datos del proceso. Para ello se seleccionarán las métricas adecuadas, establecer líneas base de rendimientos y recopilar información, fundamentales para evaluar la magnitud del problema y comprender su variabilidad.

Analizar (Analyse): Esta fase implica una profunda investigación de las causas raíz del problema o las fuentes de variabilidad. Se utilizan herramientas estadísticas y análisis de datos para identificar relaciones causales. Este paso permite al equipo centrarse en áreas específicas que requieran mejoras.

Mejorar (Improve): En esta fase se desarrollan e implementan soluciones efectivas. Aquí el equipo genera ideas, evalúan alternativas y diseñan los planes de acción. Durante esta etapa se aplican cambios en el proceso y se realizan pruebas piloto. La

prioridad es lograr mejoras significativas y sostenibles, teniendo en cuenta la satisfacción del cliente, y los objetivos comerciales definidos.

Controlar (Control): La última fase se enfoca en mantener las mejoras logradas en el proceso. Se establecen distintos sistemas de monitoreo y medidas de control para garantizar que el proceso siga funcionando de manera óptima. Esto incluye una capacitación del personal, tener la documentación del proceso actualizada y la implementación de mecanismos para detectar desviaciones y corregirlas de manera proactiva.

En general la metodología DMAIC proporciona un gran enfoque sistemático y aprobado para abordar problemas, reducir variabilidad y mejorar calidad de procesos. Su énfasis en la recopilación de datos, el análisis profundo y la implementación efectiva de soluciones lo convierten en una herramienta invaluable para la mejora continua.

Lean Six Sigma:

Es una metodología de mejora continua altamente efectiva y flexible que combina distintos principios para lograr mejoras significativas en la eficiencia y en la calidad de los procesos buscando eliminar el desperdicio y reducir la variabilidad de los procesos empresariales, y puede personalizarse según las necesidades de cada organización (Mustapha et al., 2019). Los componentes principales se dividen en dos:

Lean: originalmente desarrollado por Toyota en la década de 1950 se centra en la eliminación de desperdicios en los procesos para el desarrollo sostenible de las empresas, el bienestar de los trabajadores y la satisfacción de los clientes (Goshime et al 2019). Estos desperdicios son de tiempo, materiales, esfuerzo o cualquier otro recurso

que no agrega valor al producto o servicio final. Lean se basa en cinco principios clave: (Goshime et al 2019).

- Valor: Identifica lo que realmente agrega valor desde la perspectiva del cliente
- Flujo: Se centra en la eliminación de los “cuellos de botella” optimizando el flujo de trabajo
- Takt Time: Sincroniza la producción con la demanda del cliente
- Pull: Producir solo lo que se necesita, cuando se necesita
- Perfección: Continuar buscando la mejora constante

Six Sigma: Se enfoca en reducir la variabilidad en los procesos para lograr resultados consistentes y de alta calidad. Se basa en el concepto DMAIC para abordar problemas y oportunidades de mejora. Estos procesos se caracterizan por reducir la variación y mejorar la capacidad del proceso para cumplir con especificaciones y, sobre todo, las expectativas del cliente.

Una implementación exitosa de Lean Six Sigma ofrece beneficios a las organizaciones “Se ha descubierto que es eficaz para mejorar la calidad. La productividad, los costos, la satisfacción del cliente, las ventas y la rentabilidad” (Zhang et al 2011) aumentando la eficiencia, optimizando flujos de trabajo y maximizando la satisfacción del cliente.

CASO DE ESTUDIO

Descripción de la empresa

Hacienda Tambillo Alto es una hacienda ganadera del sector de Tambillo viejo, al sur de Quito. Es una hacienda de 586 hectáreas. se enfoca en realizar procesos para la obtención y venta de leche para abastecer a otras empresas como “El Ordeño”. Cuentan con un gran número de vacas que les permiten realizar esta actividad. A su vez tienen almacenes de comida e

infraestructura con máquinas que sirven para la obtención de leche esto gracias a un dialogo profundo con el dueño de la hacienda (M. Simbaña, comunicación personal, 20 de septiembre de 2023).

Hacienda Tambillo Alto es una hacienda ganadera especializada en estabulado, proceso que consiste en la cría y el cuidado del ganado en instalaciones cerradas o estructuras techadas, a diferencia del pastoreo en áreas abiertas y cabe destacar que es una de las pocas haciendas en utilizar este proceso dentro del Ecuador. La hacienda también tiene una planta de producción de leche, por lo que Hacienda Tambillo Alto es una instalación agropecuaria dedicada a la cría y cuidado de ganado bovino, centrada en su producción. El principal objetivo de la hacienda es asegurar un producto que sea reconocido por su calidad y frescura manteniendo un adecuado proceso de estabulación moderna.

Dentro de la hacienda las vacas se clasifican según sus características, tamaño y edad, para aumentar la producción de leche y gestionar el alimento suministrado. A continuación, el detalle de cada una:

Mix Altas: Vacas con mayor tamaño, ingieren mayor cantidad de alimento y participan en la producción de leche.

Mix R1: Vacas con menor tamaño y también primerizas, ingieren otros tipos de mix y participan en la producción de leche.

Mix Parto: Vacas próximas al parto, ingieren cantidades controladas de mix de alimento y no participan en la producción de leche.

Concentrado Terneras: Terneras y fierros, consumen cantidades controladas de alimento y se las entrena para tener una dieta que aporte a una producción óptima de leche, no participan en la producción de leche.

Esta clasificación de ganado bovino se puede observar en el Anexo N°1.

Definir:

Hacienda Tambillo Alto es una instalación agropecuaria en el Sur de Quito que se destaca por su enfoque especializado en el estabulado, un proceso de cría y cuidado de ganado realizado en instalaciones cerradas y controladas. Esta práctica, a diferencia del pastoreo en áreas abiertas, es muy rara en la región. Además, la hacienda contiene una planta de producción de leche, lo que la hace una planta valiosa en el sector. A pesar del compromiso de la hacienda con la calidad de sus productos, Hacienda Tambillo Alto enfrenta desafíos relacionados con posibles desperdicios en su proceso de estabulación. Actualmente la hacienda mantiene costos elevados en los procesos de producción de leche y de alimentación de las vacas como se puede apreciar en los gráficos 1 y 2. Estos desperdicios podrían manifestarse en forma de transporte, inventario, y los defectos. Identificar y abordar eficazmente estas mudas es esencial para mantener la eficiencia operativa y garantizar una buena producción en la hacienda.

Tres mudas principales:

- Transporte: Existen varios movimientos innecesarios al transportar materiales, sacos de ingredientes, balanceados, etc.
- Inventario: Se almacenan sacos que no son utilizados de manera planificada y se tienen como exceso de suministros, que algunas veces llegan a pasar de su fecha de vencimiento.
- Defectos: Una de las principales causas por la cual existe variabilidad en la producción de leche de las vacas es el hecho de los defectos que contienen los mix de alimentos, ya que al ser un trabajo manual se da un error humano por parte de los trabajadores.

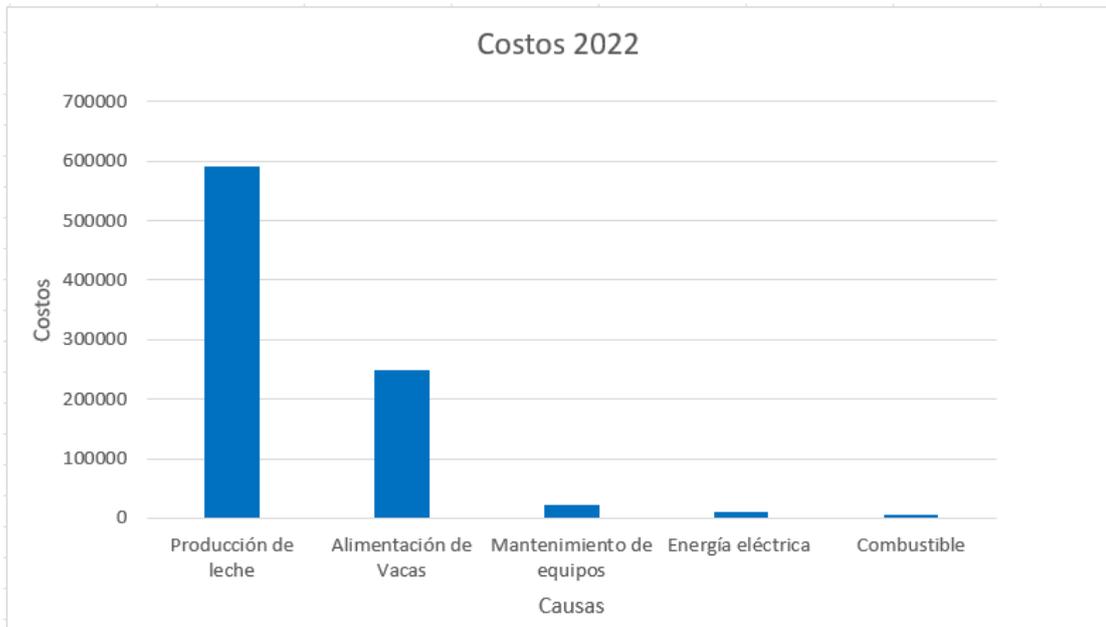


Gráfico 1. Costos 2022

Se puede verificar que los costos para los periodos 2022 y 2023 son muy parecidos, por lo que se realizó un análisis de Pareto para los costos del último periodo, y de esta manera poder identificar que procesos de la empresa incurren más en los costos y por ende se deberían tratar.

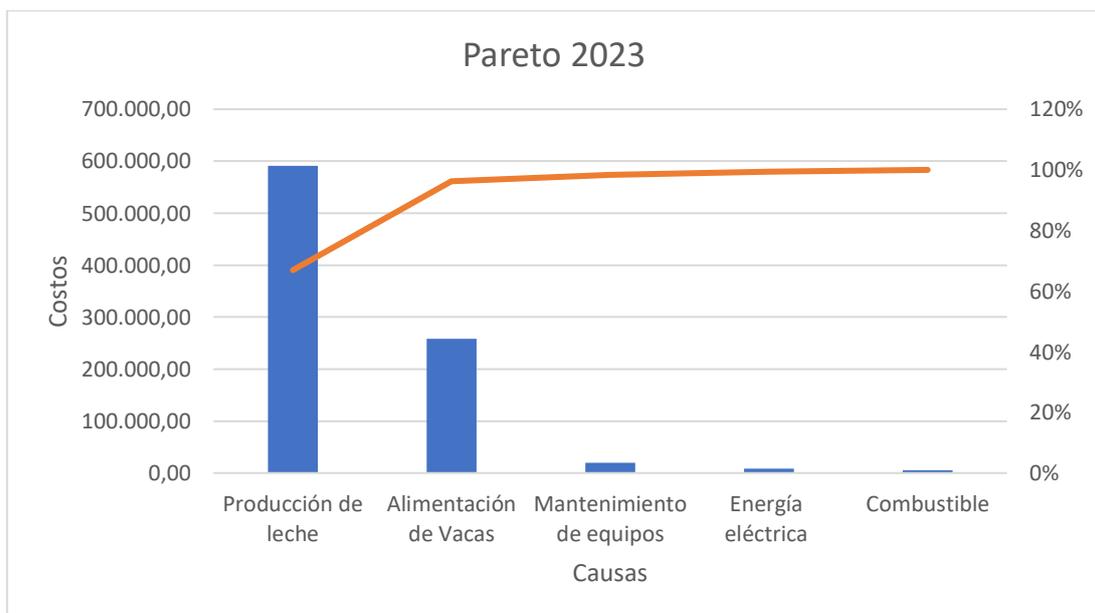


Gráfico 2. Pareto para priorización de costos

Para el año 2023, se puede visualizar que el 20 % de los macroprocesos ocasionan el 80 % de los costos de la hacienda, es decir el segmento de la curva donde esta disminuye significativamente empieza desde los costos de alimentación hacia la izquierda. Según el principio de Pareto 80/20 se debe priorizar los procesos de alimentación y de producción de leche ya que son los responsables de la mayoría de los costos para la hacienda, con un costo total de \$623,405.66 en el mes de diciembre para los procesos de producción de leche y un costo total de \$258,426.46 para los procesos de alimentación. De esta manera, luego de considerar que los costos se centran en la producción de leche y en la alimentación de ganado, se analizarán estos dos procesos a profundidad. Al dar un mayor enfoque hacia estos procesos se puede encontrar ineficiencias y varios problemas más específicos, como el manejo del alimento, distribución en bodegas, falta de estandarización en los procesos de ordeño y de alimentación y preparación de mezcla del alimento para las vacas. Identificar y abordar eficazmente estos problemas se vuelve esencial para mantener la eficiencia operativa y garantizar la excelencia en la producción ganadera y láctea de la hacienda.

Se busca identificar el problema a resolver en la Hacienda Tambillo Alto para lo cual se analizan los procesos que intervienen en la producción de lácteos. Se describen los procesos desde la adquisición de comida para el ganado hasta la venta de la leche.

En base a ellos se definieron dos macroprocesos en los que nos enfocamos los cuales son:

- ***Proceso de alimentación de ganado:***

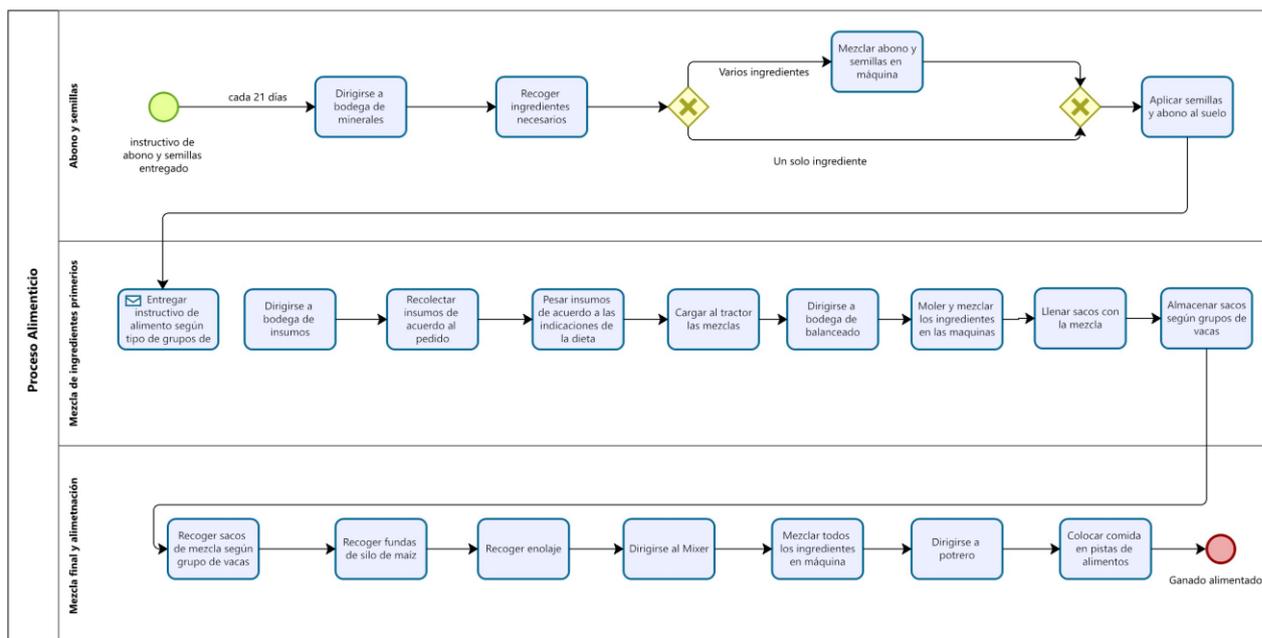


Gráfico 3. Mapeo Proceso Alimenticio Hacienda Tambillo Alto

Elaborado por Autores

Dentro del proceso alimenticio, se observaron problemas en los siguientes subprocesos:

- *Almacenamiento de comida:* Las personas responsables de la clasificación de los ingredientes en la preparación de alimentos suelen invertir un esfuerzo considerable, a menudo realizando movimientos innecesarios en el proceso. Se ha observado que los alimentos almacenados carecen de criterio organizativo, ya que los diversos tipos de ingredientes se distribuyen dispersamente en el espacio de almacenamiento.
- *Pesaje de alimento:* La pesada inexacta de los alimentos, en contravención con los criterios establecidos por el nutricionista, resulta en una mezcla final que no cumple con las cantidades prescritas. Este desajuste afecta la alimentación adecuada del ganado, ya que no se logra la generación del excedente alimenticio esperado en los establos. La ausencia de este excedente, un indicador típico de una alimentación adecuada del ganado incide directamente en la producción láctea de las vacas.

- **Proceso de ordeño del ganado**

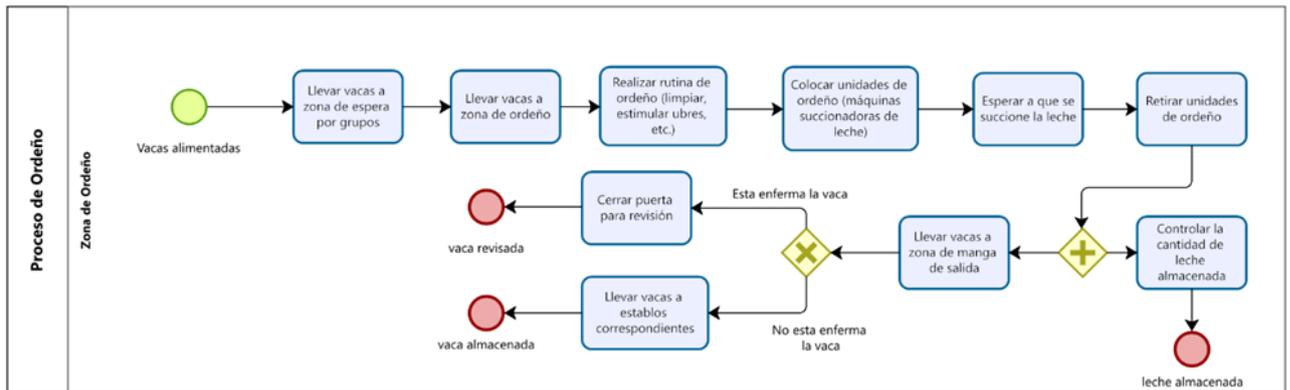


Gráfico 4. Mapeo Proceso de Ordeño Hacienda tambillo Alto

Elaborado por Autores

Dentro del proceso alimenticio, se observaron problemas en los siguientes subprocesos:

- *Control de la cantidad de leche almacenada:* No siempre se llena el tanque en donde almacenan la leche, por lo que la hacienda vende menos de la capacidad total que podría generar.
- *Costos de producción:* los costos que se realizan en el área de producción no se ven reflejados en el departamento de finanzas, ya que no saben con exactitud qué se gasta en el alimento y la medicación suministrada en el ganado.

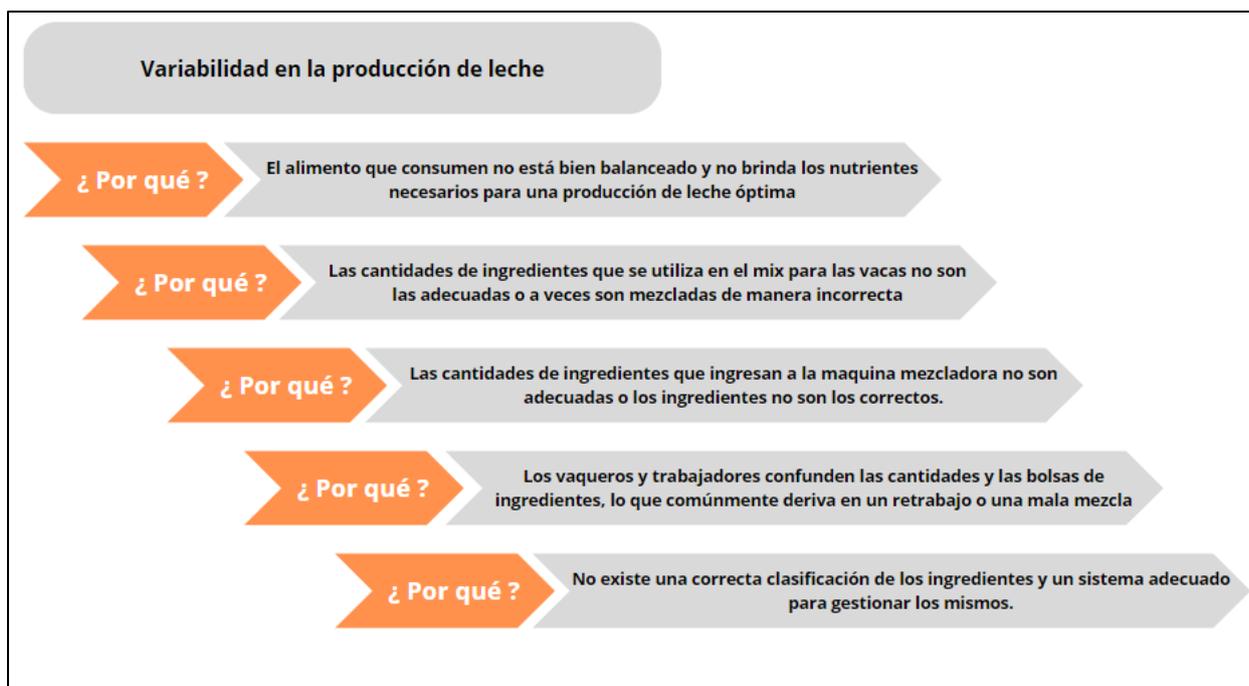


Gráfico 5. 5 Why's

Elaborado por autores

Medir:

Para definir el problema del proyecto, se realizó un análisis profundo recopilando datos para observar y evaluar los aspectos fundamentales que requerían optimización en "Hacienda Tambillo Alto". Con el objetivo de mejorar la producción de leche en esta situación, se identificaron diversas métricas clave que fueron fundamentales para la toma de decisiones y la implementación de mejoras efectivas.

Plan de muestreo:

Aunque la población total de ganado en la hacienda supera las 400 vacas, el presente estudio se centra en analizar las vacas lecheras, que forman un grupo de 212 animales bovinos. Para hacer un análisis estadístico preciso, se debió determinar un tamaño de muestra adecuado, usando el software estadístico "Minitab". Después de considerar la homogeneidad de la variación entre las muestras y con el objetivo de reducir sesgos en la representación, se decidió

implementar un muestreo aleatorio simple, lo que resultó en la selección de una muestra de 60 reses para el estudio.

Gracias al plan de muestreo se pudieron obtener los datos necesarios de producción diaria de leche y dieta estricta para cada tipo de ganado con el fin de realizar los cambios necesarios mediante herramientas Lean Six Sigma.

Para el estudio, se recopilaron datos externos que podrían influir directa o indirectamente en la producción final de leche, y en la generación de desperdicios, incluyendo desperdicio de movimientos, desperdicio de inventario y tiempos muertos. Para obtener estos datos, se realizaron visitas a la hacienda, en las que se obtuvieron mediciones precisas de distancias, alturas, cantidades y tiempos correspondientes a cada etapa del proceso, según lo señalado por parte de los trabajadores en la hacienda.

Producción de Leche.

La leche producida diariamente sirvió como indicador fundamental del rendimiento productivo de la hacienda. La disponibilidad de datos históricos permitirá la creación de gráficos de control para evaluar la gestión del proceso de obtención diaria de litros de leche. La recopilación de datos se basa en la cantidad de litros de leche que vendió la hacienda diariamente, que es equivalente a lo que la hacienda produjo ese mismo día, los datos abarcan desde el año 2022.

Almacenamiento de comida y minerales.

El sistema de almacenamiento de los componentes para el procesamiento de alimento y medicinas que influyen en la producción de leche se encuentra distribuido en tres bodegas: la bodega de minerales, la bodega de insumos y la bodega de balanceados. Las métricas referentes al inventario y almacenamiento de se enfoca en la obtención de tiempos de cada una de las actividades presentes tanto en toda la hacienda como en cada una de las bodegas. Los tiempos se tomaron en las actividades de los trabajadores durante 3 días laborables. A continuación, se pueden observar los tiempos en segundos en las tablas 1, 2, 3 y 4:

Tabla 1. Tiempos en la bodega de minerales

Bodega de Minerales		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Obtención de abono	110
2	Análisis de disponibilidad de producto	120
3	Obtención de semillas	100
4	Obtención de cal	90
Total		420

Tabla 2. Tiempos en la bodega de insumos

Bodega de Insumos		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Obtención de palmiste	70
2	Obtención de afrecho	65
3	Obtención de grasa	60
4	Obtención de henolaje	70
5	Eliminación de costales vacíos*	120
6	Obtención de carbonato	30
7	Obtención y pesaje de sales	100
Total		515

*La actividad marcada en rojo se refiere a una tarea que la elaboran de forma mensual no diaria como las demás

Tabla 3. Tiempos en la bodega de balanceados

Bodega de Balanceados		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Obtención de componentes a la mezcladora	220
2	Mezclado para Mix Terneras	35
3	Mezclado para Mix Altas	30
4	Mezclado para Mix R1	35
5	Mezclado para Mix Preparto	30
7	Molido de maíz	60
Total		410

Tabla 4. Tiempos en proceso de Hacienda Tambillo Alto

Hacienda Tambillo Alto		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Traslado de minerales a mixer	50
2	Traslado de operario con báscula	70
3	Traslado de cal a insumos	60
4	Traslado de insumos a balanceados	90
5	Traslado de balanceados a mixer	60
Total		330

Esta recopilación de datos dio como resultado que les toma alrededor de 28 minutos la preparación de alimento y medicina.

Pesaje de alimento.

Uno de los grandes factores que influyen directamente con la producción de leche, es el alimento que se da a las vacas. En el gráfico 6, se muestra una imagen de un archivo Excel para poder medir las cantidades que utiliza el nutricionista y la persona encargada de la producción de leche para determinar la cantidad de comida que se deberá mezclar para dar como alimento a las vacas:

MIXER CON MENOS VACAS INICIO 12-7-23			RESPONSABLE -----																
TABLA AUTOMÁTICA		DIETA		DIVISION DE ESTABULADOS JULIO 12 2023															
ESTABULADO ADULTAS	B.M.S	M.S.	MIXER	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	Vacas	6/10/2023	Vacas	
REQUERIMINETO DE MATERIA SECA	M.S Kg	Ajustar	KG/Vaca	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64			
SILO FARDOS (31 % ms)	6,9	29%	23,8	952	999	1047	1094	1142	1190	1237	1285	1332	1380	1428	1475	1523			
HENO 71 + (HENOLAGE 45 m.s)	6,6	45%	14,7	587	616	645	675	704	733	763	792	821	851	880	909	939			
MELAZA AL MIXER	0,5	80%	0,6	25	26	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39	40			
MAIZ MOLIDO	0,704	88%	0,8	32	34	35	37	38	40	42	43	45	46	48	50	51			
PASTA DE SOYA	2,7	90%	3,0	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	192			
MIX ALTAS	8	89%	9,0	359	377	395	413	431	449	467	484	502	520	538	556	574			
RACION KG/VACA/DIA	25,4	49%	51,9	2074	2178	2282	2385	2489	2593	2696	2800	2904	3008	3111	3215	3319			
HENOLAGE EMPLASTICADO 45% M.S				62	65	68	72	75	78	81	84	87	90	93	96	100	DEBE SOBRAR		
PESO PROMEDIO HENO CON 80% MS 308 KG																			
OCTUBRE 6 -7-8-9 OCTUBRE																			
1er. MIXER : Henolage Emplasticado 1 fardo : Heno Seco Medio Fardo																			
2do. MIXER : Henolage Emplasticado 1 Fardo Picado en la Pista																			
FARDOS SILO: 3 Fardos en el Primer MIXER.																			

Gráfico 6. Dieta con cantidades específicas (nutricionista)

Estas tablas dependen para el tipo de grupo de vacas que tienen en la hacienda (En la imagen se muestra para el grupo de Estabulado Adultas)

Las celdas en color blanco representan los gramos necesarios de cada ingrediente para las cantidades de vacas descritas en la parte superior. Y en la penúltima fila (color naranja) se indica el total de kg que debería pesar la mezcla final para las vacas. Además, en la última fila de cifras, se indica la cantidad de kg que debería sobrar de dicha comida, una vez sean alimentadas la cantidad de vacas descritas. Por ejemplo, para 62 vacas la mezcla final de comida debería de ser de 3215 kg, de los cuales deberían sobrar 96 kg.

La recopilación de estas métricas clave se realizó mediante visitas presenciales a la hacienda para obtener datos de primera mano y proporcionada por el personal de la hacienda. Además, se obtuvo información con la ayuda de herramientas y software especializados en la industria ganadera para garantizar la precisión y la integridad de los datos recopilados.

Estos datos se convirtieron en una base sólida para la posterior fase de análisis y para la formulación de estrategias destinadas a optimizar la producción de leche en "Hacienda Tambillo Alto".

Como último punto de esta etapa, se observaron algunas métricas que pueden influenciar en el problema inicial pero no son parte de este estudio:

- **Capacidad de Almacenamiento de Leche:** La infraestructura y la capacidad de almacenamiento disponibles para gestionar la leche producida de manera eficiente.
- **Costos de Producción de Leche:** Los gastos relacionados con la producción de leche, incluyendo la alimentación, el cuidado de las vacas, la inversión en equipos y cualquier otro costo asociado.

Analizar:

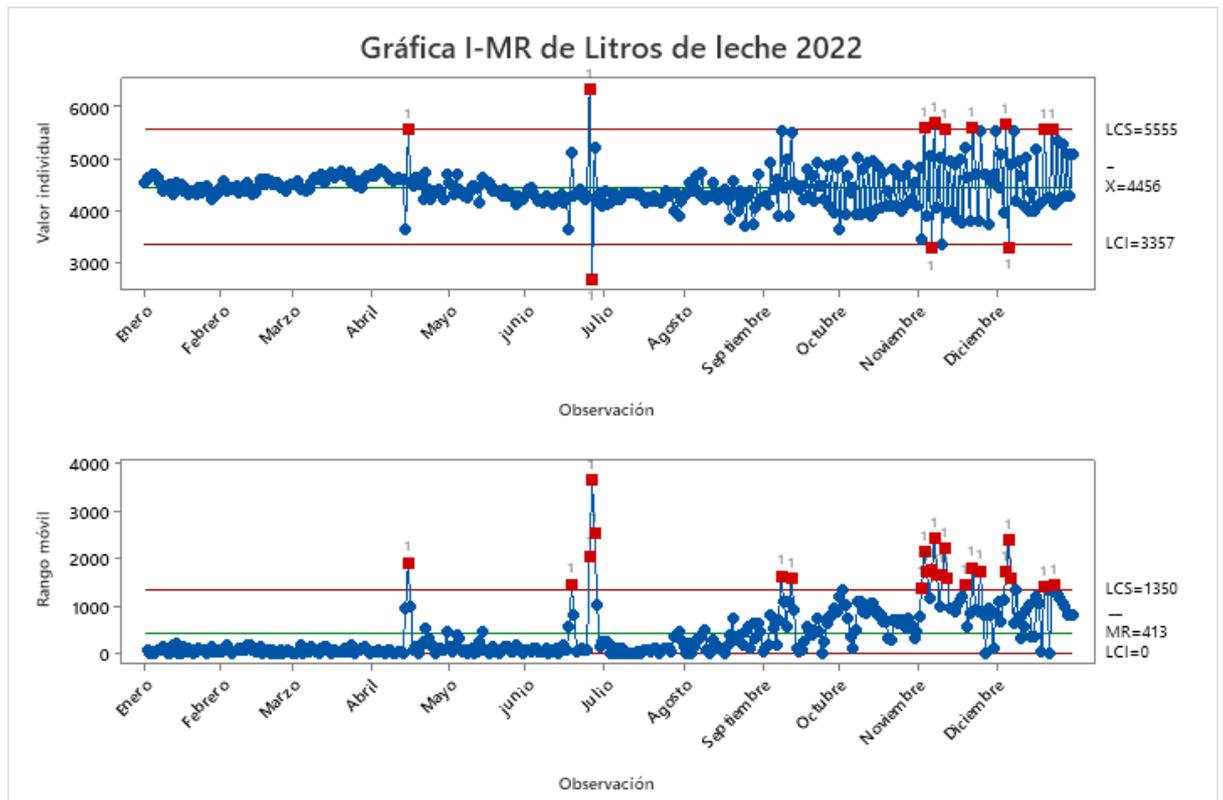
En esta etapa del DMAIC, se analizará las métricas seleccionadas con la finalidad de determinar las posibles mejoras.

Costos.

En el ámbito de los costos, se ha observado una falta de comunicación entre los departamentos encargados de la adquisición de alimentos y medicamentos y el responsable de la provisión de cantidades de comida. Este análisis ha revelado que el personal administrativo carece de acceso a información detallada sobre los costos, lo que conlleva a un desperdicio de tiempo al tener que recurrir continuamente a solicitudes de datos.

Producción de leche.

Para analizar esta métrica se seleccionó la gráfica I-MR (Montgomery, 2013) para la representación visual y la evaluación del control del proceso, dado que los datos registrados corresponden a cantidades continuas expresadas en "litros" y no están organizados en subgrupos, ya que se recopila una observación a la vez de forma diaria.

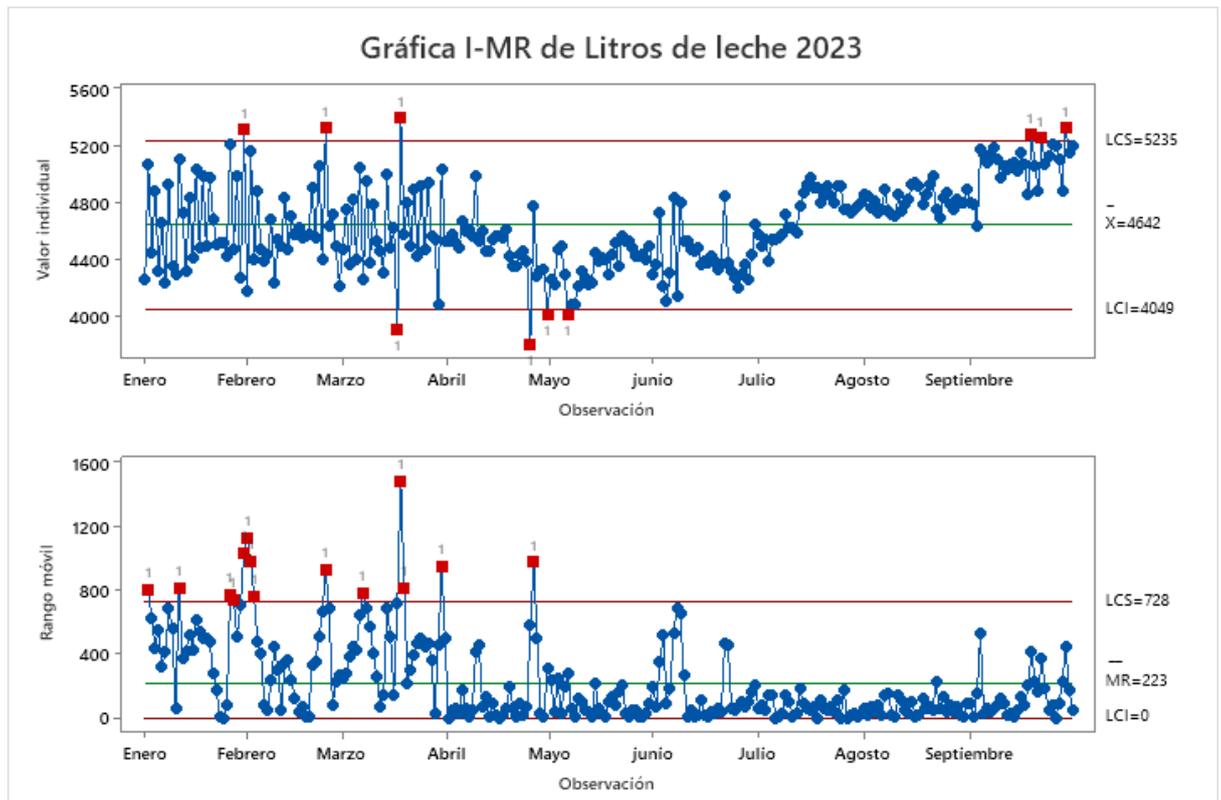


Resultados de la prueba de la gráfica I de Litros de leche 2022

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3,00 desviaciones estándar de la línea central.
La prueba falló en los puntos: 104; 175; 176; 306; 309; 310; 314; 325; 338; 339; 353; 356

Gráfico 7. Gráfica I-MR de Litros de leche 2022 (Minitab)

Elaborado por autores



Resultados de la prueba de la gráfica I de Litros de leche 2023

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3,00 desviaciones estándar de la línea central.
La prueba falló en los puntos: 30; 54; 75; 76; 114; 119; 125; 261; 264; 271

Gráfico 8. Gráfica I-MR de Litros de leche 2023

Elaborado por autores

Según los gráficos N°7 y N°8, se observa que la producción de leche en 2022 tuvo una media de 4456 litros, teniendo límites de 3357 y 5555 y en 2023 una media de 4642 litros con límites de 4049 y 5235. También se nota que existen varios puntos que están fuera de control y que generan ruido al momento de realizar las cartas de control, los cuales se distinguen en la gráfica 9 con sus respectivas fechas:

puntos fuera de control 2022			puntos fuera de control 2023		
Número	litros	Fecha correspondiente	Número	Litros	Fecha correspondiente
104	5559	14/4/2022	30	5306	30/1/2023
175	6326	24/6/2022	54	5324	23/2/2023
176	2701	25/6/2022	75	3912	16/3/2023
306	5595	2/11/2022	76	5395	17/3/2023
309	3289	5/11/2022	114	3804	24/4/2023
310	5690	6/11/2022	119	4021	29/4/2023
314	5575	10/11/2022	125	4020	5/5/2023
325	5607	21/11/2022	261	5279	18/9/2023
338	5671	4/12/2022	264	5257	21/9/2023
339	3306	5/12/2022	271	5324	28/9/2023
353	5563	19/12/2022			
356	5568	22/12/2022			

Gráfico 9. Puntos fuera de control para ambos años

Elaborado por autores

Después de preguntar a la persona encargada de la producción de leche sobre las causas de que en esos días se produjeran dichas cantidades de leche, se obtuvieron los siguientes hallazgos:

- Todos los puntos en donde los litros son mayores a 5000 se respaldan por el hecho de que generar mayores cantidades beneficia a la hacienda, contribuyendo directamente a un aumento en las ventas y, por ende, en las ganancias.
- En el 2022: Los puntos N175 y N176 se justifican debido a contratiempos en la producción y venta de leche, ocasionados por el paro nacional ocurrido en esas fechas en Ecuador. Por lo tanto, se procederá a excluir estos puntos del análisis.
- En el 2022, los puntos N309 y N339 y en el 2023, los puntos N75, N114, N119, N125 se justifican porque hay poca de extracción de leche, esto se puede deber a la calidad del alimento de dichos días, por el clima que estresa al ganado, etc. Por lo que se eliminarán estos puntos dentro del análisis como otros con valores similares.

Con base en el análisis previo, se eliminó los siguientes puntos y se realizaron nuevas cartas de control para que muestre una imagen más cercana a la realidad de dicho proceso:

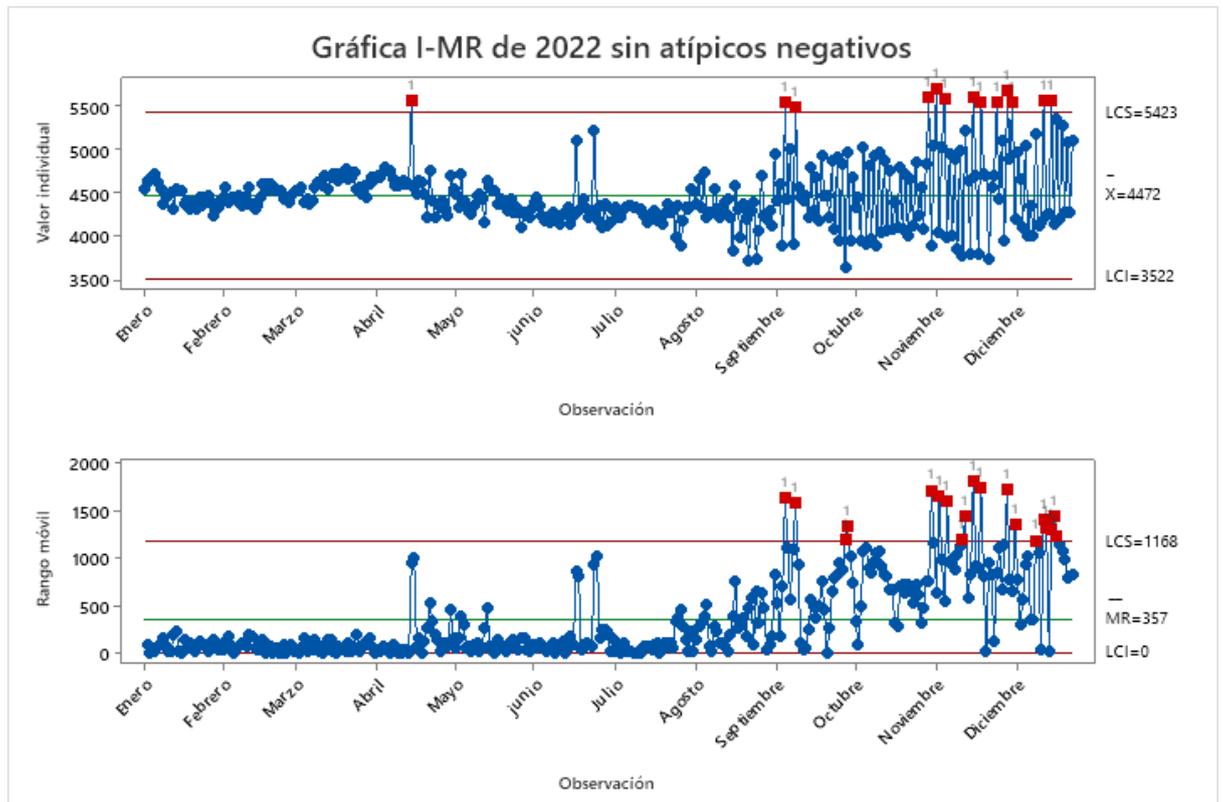


Gráfico 10. Gráfica I-MR de 2022 sin atípicos negativos

Elaborado por autores

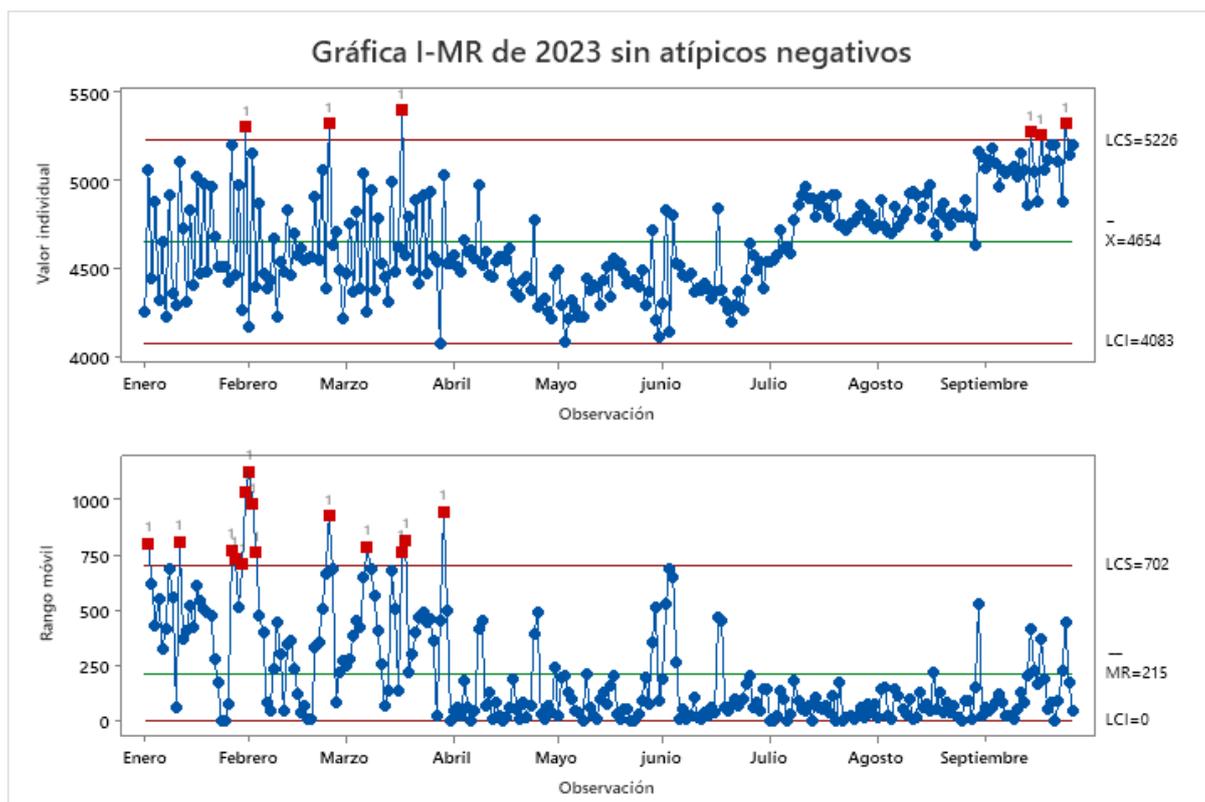


Gráfico 11. Gráfica I-MR de 2023 sin datos atípicos negativos

Elaborado por autores

Según la carta de control del año 2022 en el gráfico 10, se observa que en un inicio hasta aproximadamente el punto 229, equivalente a la fecha 14/8/2022, tenían un proceso controlado, las cantidades de leche que producían eran muy cercanas, pero desde esa fecha la cantidad de litros empezó a variar mucho más. Este comportamiento lo tuvieron en el siguiente año 2023 hasta aproximadamente el punto 89 correspondiente al 30/03/2023 como se muestra en el gráfico 11. Durante la conversación con la persona a cargo, se explicó que esta circunstancia se originó debido a un exceso de leche en la planta del cliente, la cual carecía de capacidad para almacenar la totalidad del suministro disponible. Como resultado, el tanquero no transportaba toda la leche presente en el tanque, generando un excedente para el día siguiente. En

consecuencia, en el día subsiguiente se recolectaba una cantidad superior a la producida en ese mismo día. Dado que el registro se basa en los litros vendidos, calcular el promedio de dos días proporciona valores que se aproximan a la cantidad habitual de litros producidos. Una vez realizado dichos cálculos para el año 2022 y 2023, tendríamos las siguientes cartas de control:

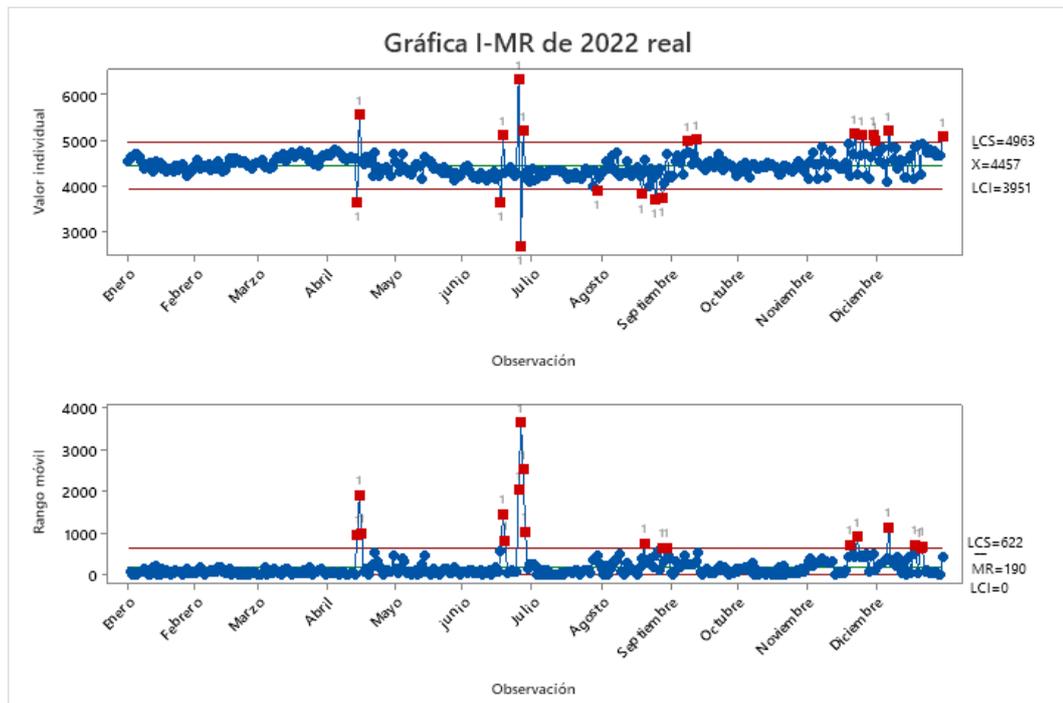


Gráfico 12. Carta de control I-MR del año 2022

Elaborado por autores

A diferencia de la carta de control anterior del 2022, el final del periodo del año está estable tal como se muestra en el gráfico 12. Como resultado de estabilizar ese periodo, se observa que los otros dos periodos generan puntos fuera de control que de igual forma se justifican por las razones explicadas anteriormente de los tiempos de lluvias, estrés del ganado, etc.

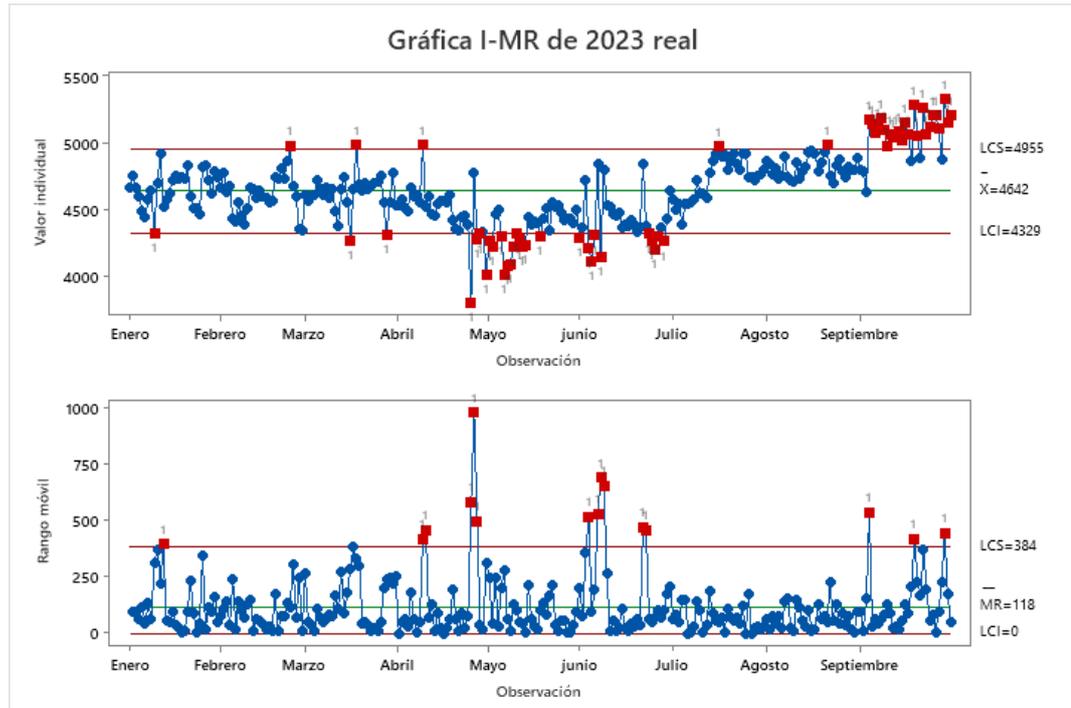


Gráfico 13. I-MR de 2023 real

Elaborado por autores

Se observa claramente en el gráfico 13 que, a diferencia de la carta de control anterior del 2023, el periodo inicial de dicho año está estable. Como resultado de estabilizar ese periodo, se observa que los otros dos periodos generan puntos fuera de control.

A partir del 31/03/2023, se percibe un cambio gradual que culmina en el punto 192, correspondiente al 11/07/2023. En este periodo, se nota que la cantidad de leche producida estaba mayormente por debajo de la media. Este fenómeno se atribuye al secamiento del ganado durante ese periodo, indicando que varias vacas dejaron de producir leche. Desde esa fecha hasta la actualidad, la cantidad de litros ha experimentado un aumento notable, ubicándose la mayor parte de la producción por encima de la media. Este incremento se atribuye a un notable número de vacas paridas, contribuyendo así al aumento en la producción de leche de las vacas madres.

Una vez se ha realizado la limpieza de los datos del año 2023, se realiza un estudio de capacidad del proceso de producción de leche. Para ello como primer paso, se verificó que los datos sigan una distribución normal como se muestra en el gráfico 14.

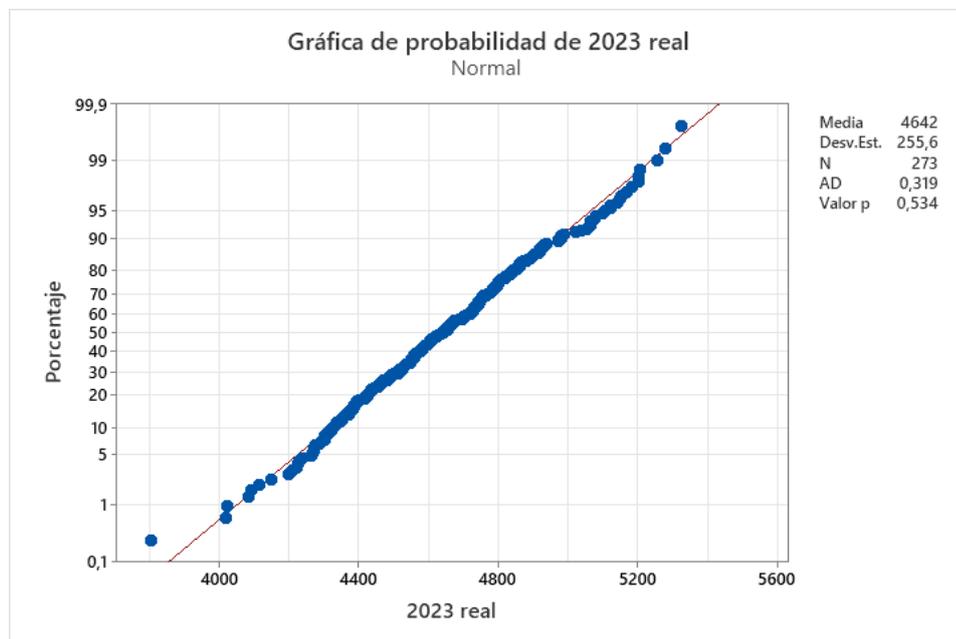


Gráfico 14. Gráfica distribución Normal 2023

Elaborado por autores

En el cual se observa que el valor p es mayor al valor de alpha elegido de 0.05, se considera es un valor razonable de seleccionar, ya que se acepta un riesgo del 5% de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera, así como David Freedman, Robert Pisani y Roger Purves autores del libro “Estadística” (1993) recomiendan utilizar un nivel de significancia de 0,05 para la mayoría de las hipótesis. Lo cual indica que los datos siguen una distribución normal.

Una vez verificado la distribución de los datos, se procede a realizar el análisis de capacidad del proceso. Aquí después de analizar las gráficas de control y después de discutir con el encargado de producción se determinó que la producción de leche se considera

productiva cuando se encuentra dentro de los 4000 y 5500 litros. Por lo que esos valores serán los límites de capacidad, siendo el valor objetivo el de 5000 litros diarios. Con esta información se calcula la capacidad.

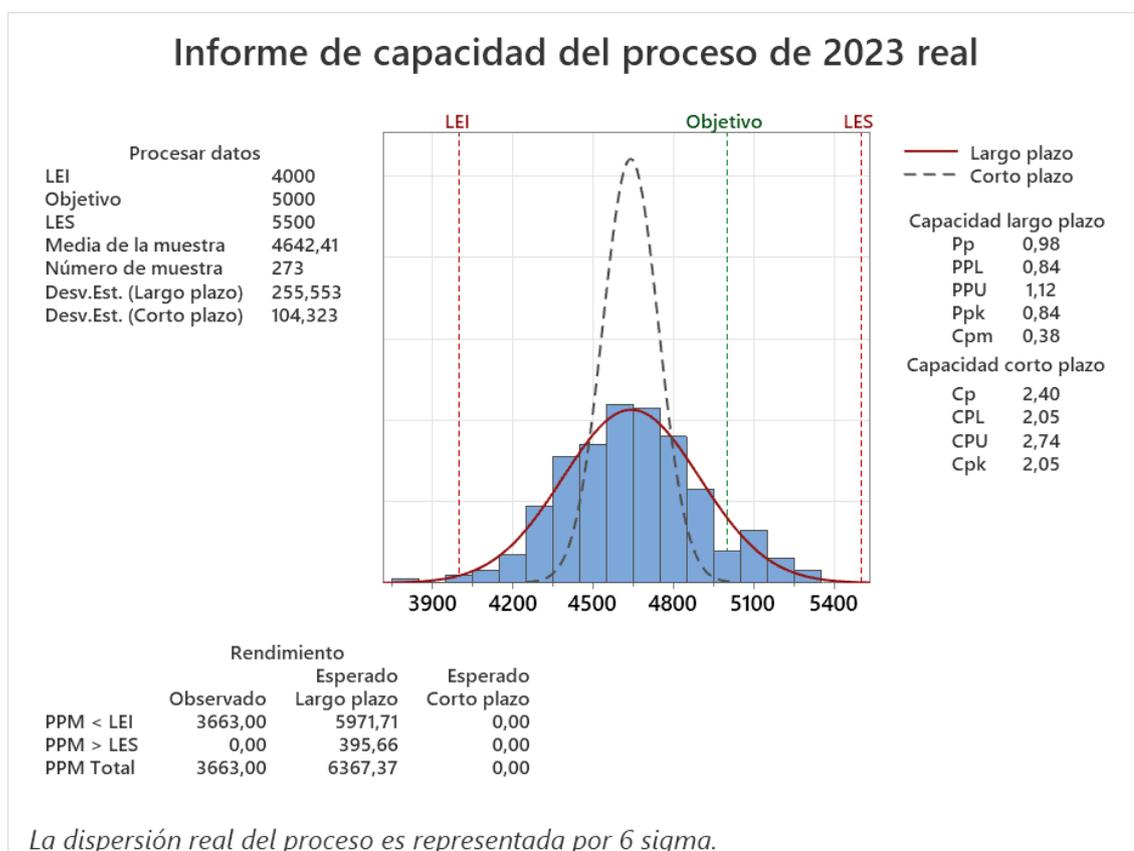


Gráfico 15. Capacidad del proceso 2023

Elaborado por autores

Con base en los resultados del análisis gráfico 15, se ha observado que las métricas indican una capacidad general (Pp) de 0,98 y una Capacidad dentro del potencial del proceso (Ppk) de 0,84, ambas por debajo de 1.33, que es el umbral que indica un proceso 4 sigma. Este hallazgo sugiere que el proceso no posee la capacidad necesaria para cumplir con las especificaciones a largo plazo.

En el análisis a corto plazo, se destaca una capacidad potencial (CP) de 2.40 y un valor de la capacidad real del proceso (Cpk) de 2.05, ambos superiores al valor de 1.33. Estos

resultados indican que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones a corto plazo. No obstante, se observa que, por cada millón de muestras tomadas, 6367 muestras quedan fuera de los límites de especificación establecidos

Como lo que se busca es llegar al valor objetivo diariamente, es necesario disminuir la variabilidad de litros que genera la hacienda, para así alcanzar un proceso que logre ser capaz a largo plazo.

Almacenamiento de comida y minerales.

El manejo del almacenamiento de provisiones destinadas a la alimentación del ganado bovino, incluyendo tanto a vacas lecheras como terneras, es crucial para garantizar la optimización de recursos y minimizar el desperdicio de tiempo y movimiento en la recolección y utilización de los materiales necesarios. Sin embargo, en la práctica actual, se ha identificado un manejo inadecuado del espacio de almacenamiento, lo que ha resultado en una ineficiente gestión de los recursos y una disminución de la productividad en este ámbito.

Para una mejor comprensión de esta problemática, es esencial proporcionar un análisis detallado de cada uno de estos espacios de almacenamiento y su relación con el proceso global de alimentación y cuidado del ganado.

Con el fin de analizar la trazabilidad de cada una de las bodegas, se realizaron diagramas de spaghetti para analizar las actividades que se llevan a cabo en cada una de ellas y como se puede reducir los desperdicios de movimiento y tiempo. También se elaboró un diagrama de spaghetti general que abarca todos los espacios del proceso de alimentación como se ve en la gráfica 16.

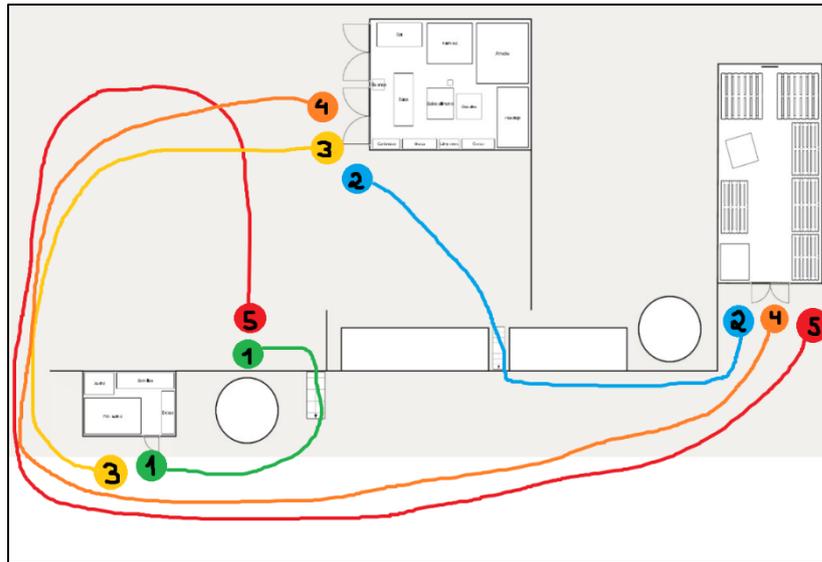


Gráfico 16. Diagrama de spaghetti de Hacienda Tambillo Alto

Elaborado por autores

Bodega de minerales.

La bodega de minerales en "Hacienda Tambillo Alto" despliega un papel fundamental en el almacenamiento estratégico de los componentes para la germinación de pasto, así como otros minerales necesarios para el cultivo y cuidado del ganado. Este espacio es el almacén de elementos vitales como semillas, abono y cal, que desempeñan un papel crucial en el proceso de cultivo y cosecha de alimentos destinados al ganado vacuno.

El análisis de la distribución de estos materiales en la bodega de minerales se ha llevado a cabo, considerando detenidamente el diseño de espacio y su funcionalidad. Se adjunta al informe el plano correspondiente (Anexo N°2), el cual proporciona una representación visual detallada de la disposición de los elementos en la bodega y se enfoca en comprender la eficacia y la eficiencia del manejo de estos recursos, así como en identificar posibles áreas de mejora para optimizar la gestión del almacenamiento de minerales. La mala distribución de los

minerales se puede observar en los Anexos N°3 y N°4. Se elaboró un diagrama de spaghetti para visualizar la trazabilidad que existe en la bodega como se ve en el gráfico 17.

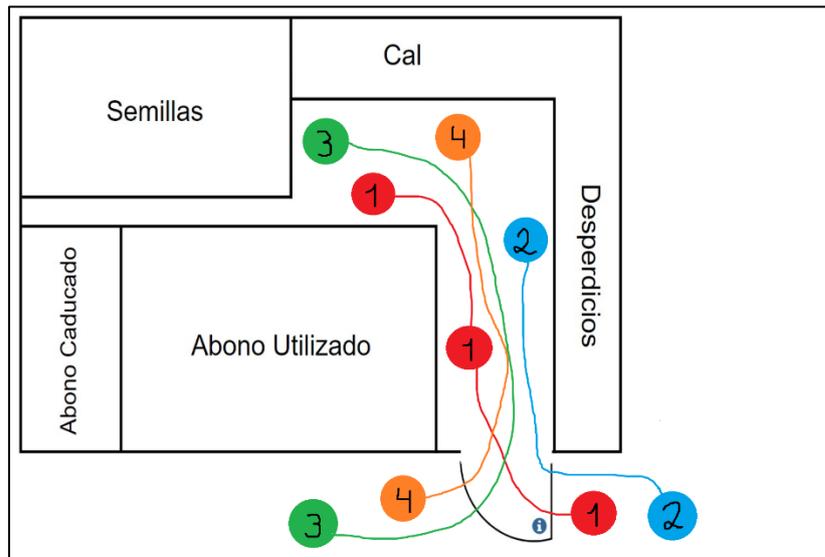


Gráfico 17. Diagrama de spaghetti de bodega de minerales

Elaborado por autores

Bodega de insumos.

La bodega de insumos constituye el depósito central para el resguardo de todos los componentes esenciales destinados a la elaboración de la fórmula final. Entre dichos componentes se incluyen sales, afrecho, palmiste, minerales, carbonato de calcio y alimento para terneras. Se presenta una representación visual del estado actual del almacén en el Anexo N°5, junto con un plano detallado que exhibe la disposición actual de estos elementos, el cual figura en el Anexo N°6.

A pesar de la amplitud del espacio disponible en la bodega para el resguardo de ingredientes, se observa que también se almacenan otros elementos que no guardan relación con el propósito principal de dicho depósito. Entre estos elementos se cuentan costales,

limpiones para la sala de ordeño, medicamentos para el ganado y semillas caducadas, como se evidencia en los Anexos N°7, N°8 y N°9. Posteriormente, se puede observar el diagrama de spaghetti de esta bodega para ver los traslados que se realizan en el gráfico 18.

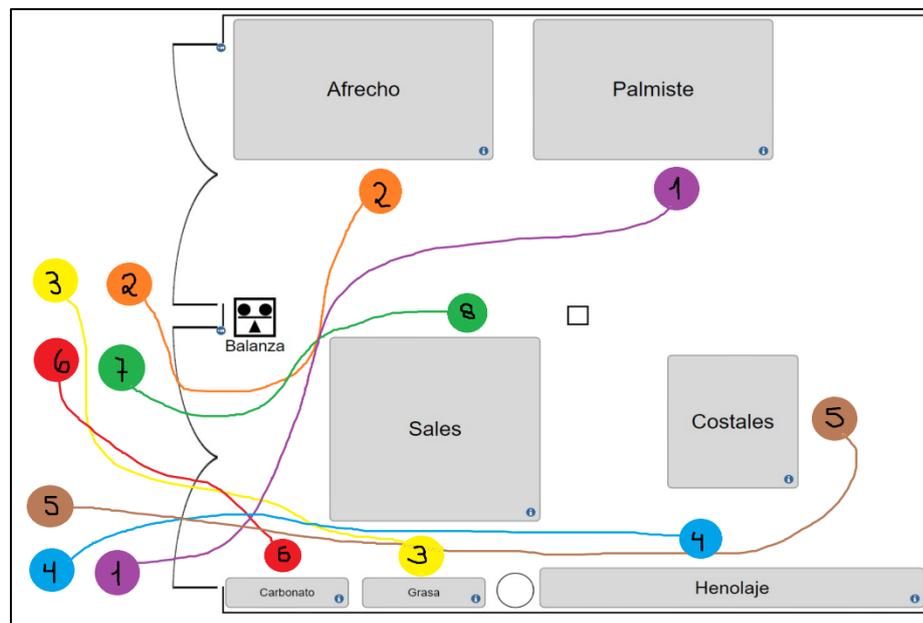


Gráfico 18. Diagrama de spaghetti de bodega de insumos

Elaborado por autores

Bodega de balanceados.

La bodega de balanceados se sitúa como la etapa final del ciclo de alimentación en el contexto de la producción ganadera. En esta fase, se almacenan y disponen los alimentos definitivos destinados a los distintos grupos de ganado bovino. Además, se encuentran presentes en este espacio diversas maquinarias esenciales para el procesamiento de los alimentos, como el molino y la mezcladora. Esta sección desempeña un papel crucial al amalgamar los elementos provenientes de la bodega de alimentos, utilizando medidas proporcionadas por el departamento de ordeño, con el propósito de generar mezclas

específicas. La distribución y organización de dichos componentes se encuentran detalladas en el Anexo N°10, el cual detalla minuciosamente las cantidades específicas y sirve como registro de las combinaciones necesarias para la elaboración del alimento final. También se puede visualizar el flujo de traslados de los empleados en el diagrama de spaguetti del gráfico 19.

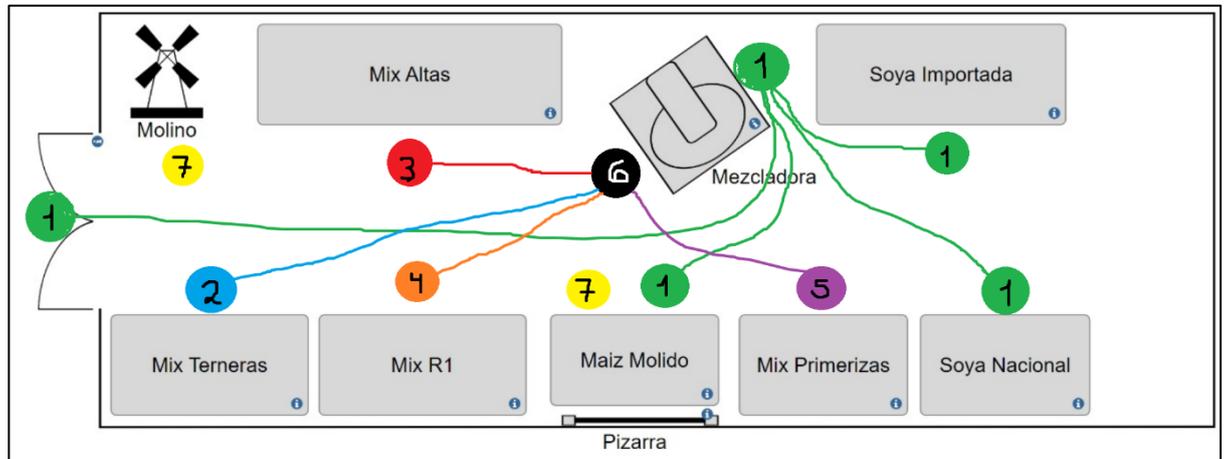


Gráfico 19. Diagrama de spaguetti de bodega de balanceados

Elaborado por autores

Pesaje de alimento.

El problema actual es que no sobra la comida que debería sobrar para el número de vacas indicado, lo que genera que se tenga que dar alimento a 4 vacas más para que sobre la comida (ya que es muy importante que, sobre la comida, ya que demuestra que se alimenta correctamente al ganado). Si se alimentan 58 vacas, ahora se les da la cantidad necesaria para 62 vacas.

Esto genera problemas en los costos de adquisición del alimento, además de que no se tiene precisión de la cantidad exacta de comida que consumen las vacas, lo que genera variación en la producción de la leche.

Para detectar dicho problema se realizó un “Gemba Walk” para observar con detenimiento todo el proceso que conllevaba la creación de esta mezcla “Gemba proporciona una base constante en la realidad del flujo de trabajo, lo que ayuda a alinear la gestión y hace que los procesos de toma de decisiones sean más ágiles y rápidos” (Liebengood et al.,2013) La evidencia se puede ver en el Anexo N°11. En donde concluimos comparando igual con los comentarios de la persona a cargo, que el problema se enfoca en el pesaje de los alimentos.

En esa sección del proceso, la finca utiliza pesas que no son las adecuadas para medir el peso de grandes cantidades de Kilogramos, y muchas de las veces lo hacen al ojo, como se observa en el Anexo N°12.

Implementar:

Para esta fase fue necesario realizar una propuesta para el gerente general de la hacienda, en donde se detallaron los siguientes temas:

Producción de la leche.

Una vez analizada la producción de leche en los años anteriores en las cartas de control, se creó una gráfica de Gantt para observar de mejor manera, el proceso productivo del año 2023 como la que se muestra en el gráfico 20.

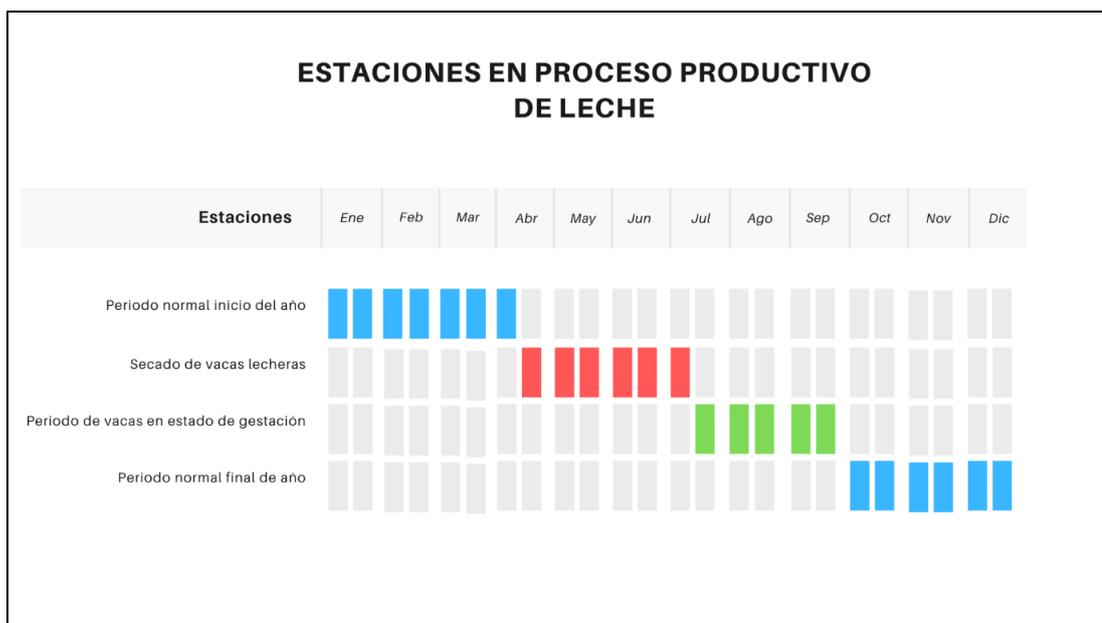


Gráfico 20. Estaciones en proceso productivo de leche 2023

Elaborado por autores

A raíz de esta información, se tomó la decisión de modificar el sistema de secado y parto del ganado, con el objetivo de nivelar los períodos de baja producción. Se implementó un plan de producción preestablecido en la hacienda, el cual consiste en inducir el parto en aproximadamente el 10% del ganado en fase de lactancia, mientras que otro 10% del mismo grupo debe ingresar a un proceso de secado, involucrando alrededor de 22 vacas.

Tras identificar las vacas que iniciarían este proceso, se introdujo una herramienta visual que facilita al encargado de producción y a los trabajadores la observación y seguimiento de cuántas vacas ingresan a estos procesos, a qué grupo pertenecen y en qué mes se lleva a cabo.



Gráfico 21. Ciclos de producción periodo 2024

Elaborado por autores

Gracias a la implementación del diagrama de Gantt, se logró que los trabajadores se dieran cuenta de las temporadas donde la producción de leche disminuyó considerablemente. A partir de esta observación se propuso otro plan de secamiento y de gestación para mejorar las épocas en donde la producción de leche era muy baja, para ello se implementó una herramienta visual donde se muestra claramente el pronóstico nuevo como se muestra en el gráfico 21.

Almacenamiento de comida y minerales.

En esta etapa se analizó que existen varios lugares donde existen desperdicios los cuales se plantean disminuir con este estudio. Una herramienta que se analizó como necesaria para este proyecto es la 5S, que se aplica al reorganizar los elementos presentes en las bodegas de la hacienda. Esta herramienta se caracteriza por mejorar la productividad de un proceso y está dividida en 5 pasos los cuales son: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke los cuales se traducen como clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina con el fin de mejorar la distribución en un almacén (Sócola, 2020).

En el contexto del análisis de la optimización del almacenamiento de comida en la hacienda, se ha examinado críticamente la implementación conjunta de las estrategias de Kaizen y Kanban. El propósito fundamental de esta investigación fue proporcionar una comprensión clara y efectiva de las prácticas destinadas a mejorar la gestión de almacenamiento en este entorno específico. En particular, se ha puesto énfasis en el estudio detallado de las tarjetas Kanban como un método de organización y clasificación de tareas según su estado, lo que facilita la evaluación del progreso del trabajo y la identificación de posibles áreas de mejora en el proceso de almacenamiento, así como también el uso de eventos Kaizen que ayuden a eliminar desperdicios encontrados de espacio en los almacenes presentes de la hacienda.

La definición de las tarjetas Kanban se ha destacado como una herramienta valiosa para analizar y controlar el flujo de recolección de los insumos. Al categorizar las tareas según su estatus, se ha observado que estas tarjetas proporcionan una representación visual clara de las diferentes etapas del proceso de almacenamiento de comida. Esta representación visual permite identificar de manera efectiva las limitaciones y los posibles obstáculos en el proceso. Además, la flexibilidad en el uso de tarjetas adhesivas o pizarras ha demostrado ser una ventaja

significativa en la adaptación y optimización del proceso de almacenamiento según las necesidades específicas de la hacienda (Carolina Domínguez Ortiz et al., s/f).

Por lo que la implementación se centra en la reestructuración del espacio de dichos almacenes, donde los insumos tendrán una mejor ubicación. Se plantea la instalación de nueva señalética para identificar claramente donde se encuentra cada elemento, al igual que el uso de cinta que permitirá delimitar los espacios correspondientes de estos elementos, por último, se añade una herramienta Kanban, basado en un código de barras que permita a los trabajadores registrar la cantidad de material que va a salir de los almacenes en tiempo real, información que se conectará directamente a un Excel compartido que permitirá al departamento de finanzas estar al tanto cuando sea necesario reabastecer ciertos insumos en dichos almacenes sin necesidad de dirigirse hacia estos, o de que algún otro trabajador lo indique de manera presencial.

Para esto, los bienes adquiridos fueron los siguientes:

Almacén de minerales fertilizantes:

- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para semillas
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Cal
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Abono
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Fertilizante
- Cinta de separación (para delimitar el espacio en donde irá cada material)

Almacén de sales e insumos:

- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Afrecho
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Palmiste

- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Sales
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Carbonato
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Grasa
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Sobrealimento
- Cintas de separación (para delimitar el espacio en donde irá cada material)
- Pizarrón pequeño (Para realizar una tarjeta kanban para los costales)

Almacén de balanceados:

- Señalética para mezcla final Mix Altas
- Señalética para mezcla final Mix Terneras
- Señalética para mezcla final Mix R1
- Señalética para mezcla final Mix Primerizas
- Señalética para mezcla final Mix Preparto
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Maíz molido
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Soya
Importada
- Señalética de Herramienta CÓDIGO DE BARRAS para Soya Nacional
- Señalética de Molino
- Señalética de Mezcladora
- Pizarra

En el gráfico 22 se indican las señaléticas a instalarse en las bodegas:

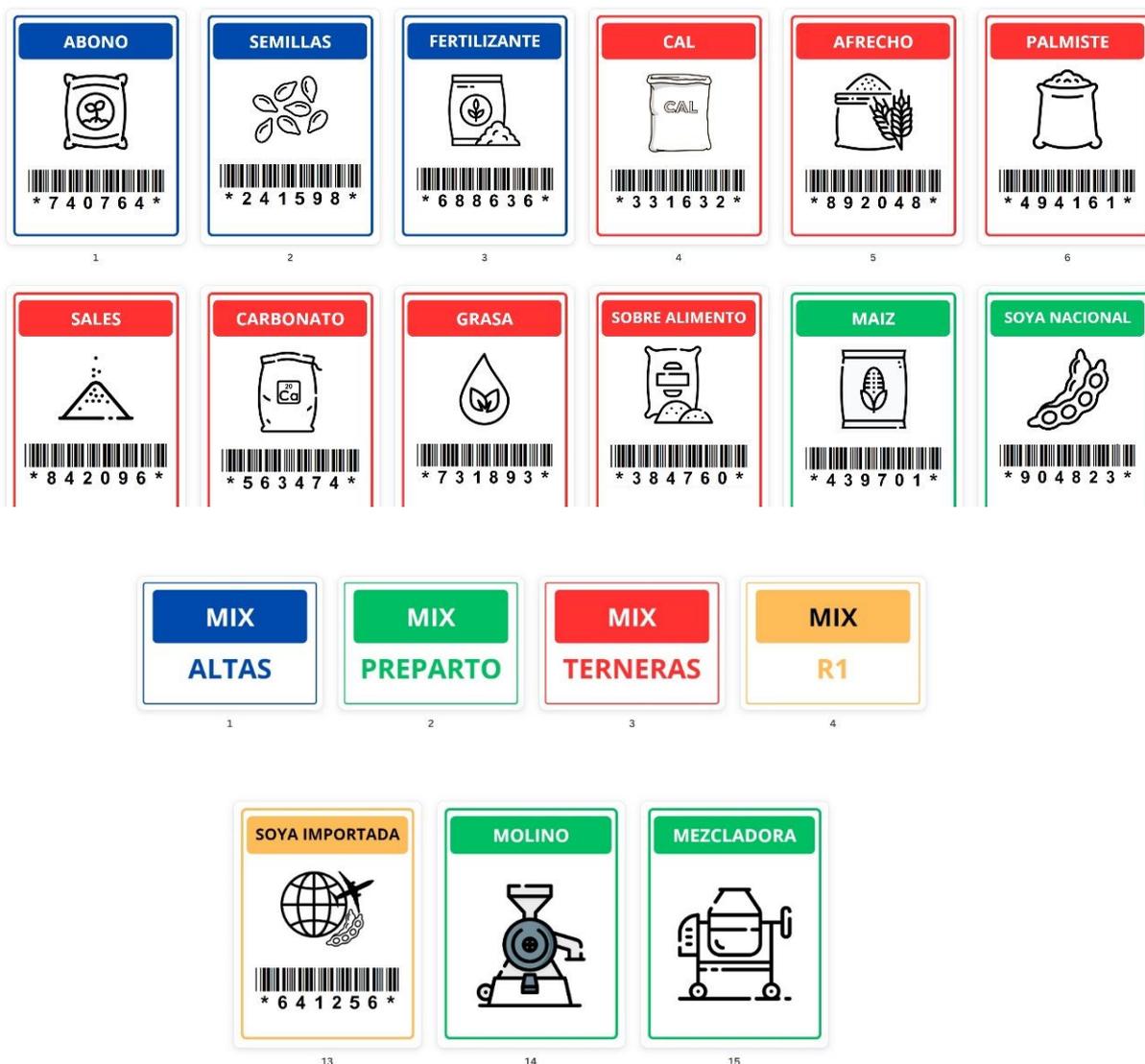


Gráfico 22. Señaléticas impresas en vinil para implementación

Elaborado por autores

Para ello el plan de implementación duró aproximadamente 2 semanas (desde el lunes 13 de noviembre del 2023, hasta el viernes 24 de noviembre del 2023)

Donde se reorganizó cada uno de los almacenes marcando sus límites con cinta, considerando medidas preestablecidas. También se reorganizó los elementos de cada almacén y luego se colocó las señales necesarias para cada insumo.

Para el manejo de la herramienta Kanban automatizada, fue necesario adquirir un software llamado “Barcode to PC” el cual sirvió para leer los códigos de barras con un dispositivo celular y que este, conecte directamente con un Excel compartido.

El presupuesto que se necesitó se detalla a continuación:

Señaléticas: Estas señales serán producidas por la empresa “Detalles Lindos” las cuales poseen un costo unitario de \$2.85 + IVA. Siendo alrededor de 19 señaléticas, el precio total redondea los \$60.70.

Pizarras: La pizarra a comprar será usada en la bodega de balanceados para administrar los usos, la cual posee un precio unitario de \$30.

Cintas delimitadoras: Se comprarán alrededor de 3 cintas delimitadoras con una extensión de 300m cada una las cuales rondan los \$19 y en total será \$57.

Báscula: Esta opción se trata de una nueva balanza para aumentar la facilidad de pesaje de alimento con un valor de \$137.

Plotter: El plotter nos servirá para demostrar los ciclos de producción de las vacas a futuro específicamente al año 2024 con un costo de \$4.

App Código de Barras: Para la ayuda de control de inventarios se usará la aplicación “Barcode to PC” la cual posee un costo de \$89 (Valor único).

Según la tabla 5 se tiene una inversión de \$380 aproximadamente.

Tabla 5. Costos de implementaciones requeridos

Presupuesto			
Material	Cantidad	Precio unitario	Total
Señaléticas	19	\$ 3.20	\$ 60.80

Tabla 6. Tiempos de traslado en Hacienda Tambillo Alto después de implementación

Hacienda Tambillo Alto		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Traslado de minerales a mixer	50
2	Traslado de operario	40
3	Traslado de insumos a balanceados	90
4	Traslado de balanceados a mixer	60
Total		240

Elaborado por autores

Además, se realizaron diagramas de spaguetti para cada una de las bodegas para observar los resultados que demostraron una reducción de tiempos en sus respectivas actividades.

Bodega de minerales.

Para esta bodega se reubicaron los materiales trasladando el almacenamiento de la cal a la bodega más adecuada. Se puede observar la nueva ubicación de materiales en el Anexo N°13 mientras que se muestra en el gráfico 24 su respectivo diagrama de spaguetti y toma de tiempos en la tabla 7. Se puede ver en los Anexos N°14, N°15 y N°16 las implementaciones realizadas.

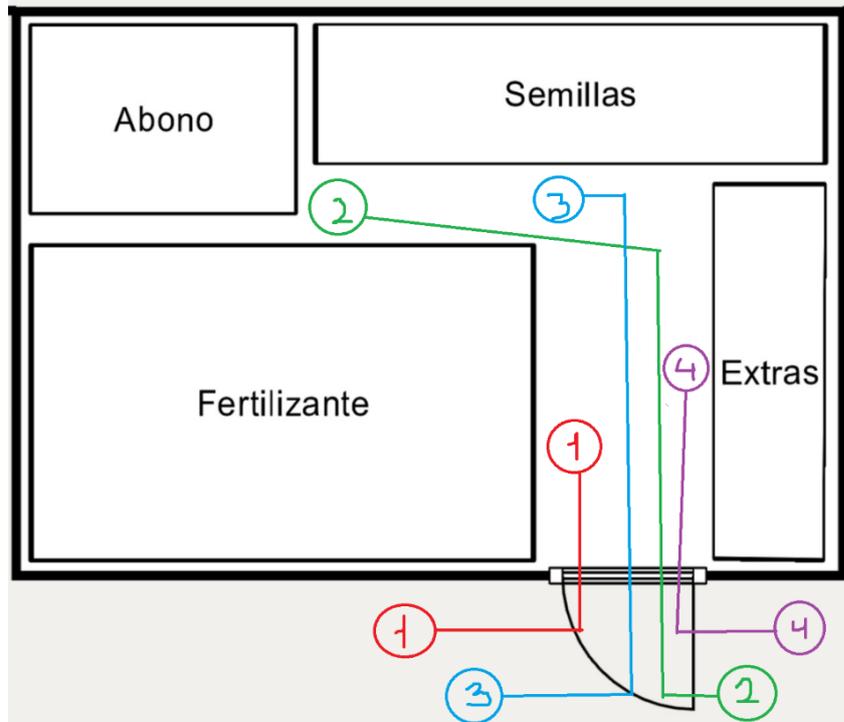


Gráfico 24. Diagrama de spaghetti de bodega de minerales Después

Elaborado por autores

Tabla 7. Tiempos de traslado en bodega de minerales después de implementación

Bodega de Minerales		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Obtención de fertilizante	65
2	Obtención de abono	80
3	Obtención de semillas	65
4	Obtención de extras	15
Total		225

Elaborado por autores

Bodega de Sales e Insumos.

Para esta bodega se definieron espacios específicos de cada uno de los materiales delimitándolos con cinta amarilla que evite confusiones y se incluyó el material cal de la bodega de minerales. Se puede visualizar la distribución de estos materiales en el plano del Anexo N°17 y las implementaciones en los Anexos N°18, N°19 y N°20. En el gráfico 25 y la tabla 8, se muestran los nuevos tiempos de procesamiento y diagrama de spaghetti de esta bodega.

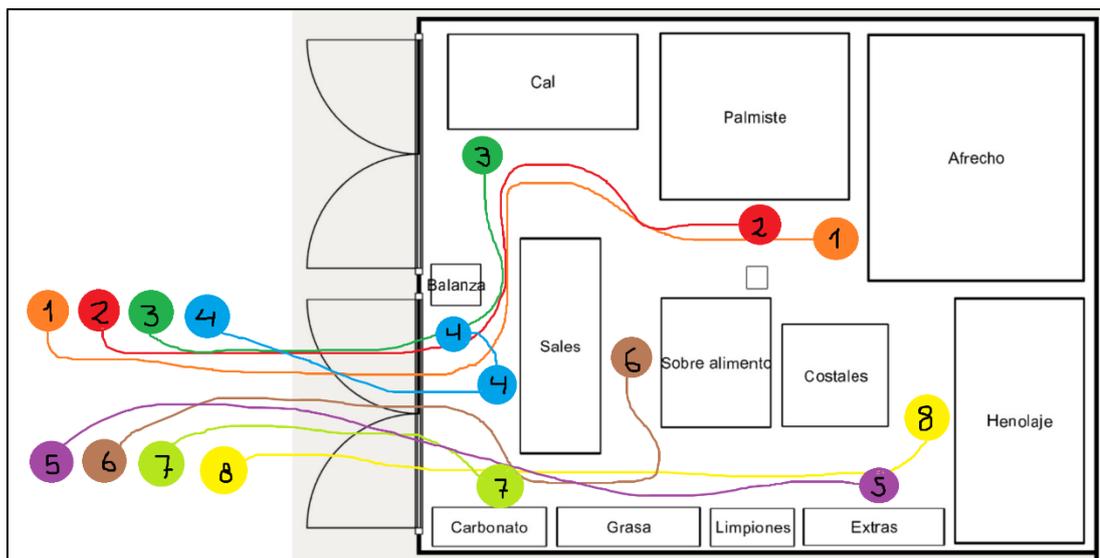


Gráfico 25. Diagrama de spaghetti de bodega de insumos Después

Elaborado por autores

Tabla 8. Tiempos de traslado en bodega de insumos después de implementación

Bodega de Insumos		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Obtención de palmiste	65
2	Obtención de afrecho	75

3	Obtención de cal	55
4	Obtención y pesaje de sales	95
5	Obtención de extras	10
6	Obtención de sobre alimento	20
7	Obtención de carbonato y grasa	100
8	Obtención de henolaje	40
Total		460

Elaborado por autores

Bodega de balanceados.

En esta bodega existió una nula reubicación de materiales, pero se lograron identificar implementaciones específicas donde se posicionó una nueva báscula y se ubicaron sus respectivas señaléticas lo cual mostro reducir tiempos en las actividades realizadas. De la misma manera se pueden observar el plano en el Anexo N°21 y dichas implementaciones en los Anexos N°22, N°23 y N°24, como también, se puede observar su respectivo diagrama de spaguetti y tiempos en el gráfico 26 y tabla 9.

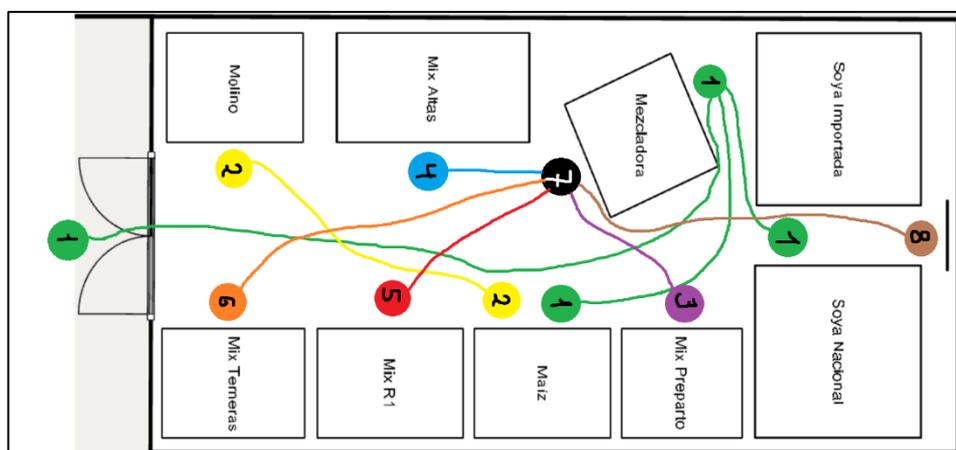


Gráfico 26. Diagrama de spaguetti de bodega de balanceados Después

Elaborado por autores

Tabla 9. Tiempos de traslado en bodega de balanceados después de implementación

Bodega de Balanceados		
Proceso	Actividad	Tiempo (s)
1	Obtención de componentes a la mezcladora	200
2	Molido de maíz	55
3	Mezclado para Mix Preparto	20
4	Mezclado para Mix Altas	20
5	Mezclado para Mix R1	25
6	Mezclado para Mix Terneras	25
8	Registro de mezclas	30
Total		375

Elaborado por autores

Al implementar un sistema Kanban automatizado, se establecen límites claros para la cantidad de productos o materiales que se deben almacenar en cada área. Esto ayuda a prevenir la acumulación innecesaria de inventario, reduciendo así el desperdicio asociado con el exceso de almacenamiento.

Las señaléticas y el Kanban automatizado facilitan la ubicación rápida y precisa de productos y materiales en las bodegas. Esto reduce el tiempo que los trabajadores pasan buscando elementos, lo que a su vez aumenta la eficiencia operativa. Analizando los resultados que obtuvimos, se dividieron los tiempos para cada bodega. Para empezar, en la bodega de minerales, antes se demoraban en promedio 420 segundos y ahora demoran 225 segundos lo que conlleva a una reducción de 195 segundos, que en términos de productividad es 46.43%

menor tiempo. En la bodega de insumos, se redujo de 515 segundos a 460 lo que conlleva una reducción de 55 segundos cuyo porcentaje es de 10.68%. El último almacén es la bodega de balanceados lo cual generó una disminución de tiempo de 410 segundos a 375 segundos y concluye en 35 segundos y una mejora de 8.54%. Por último, se mejoró la trazabilidad del proceso en general de 330 segundos a 240 segundos, es decir; una reducción de 90 segundos y un porcentaje de 27.27%.

Pesaje de alimento.

Gracias a la adquisición de la báscula, los alimentos serán pesados correctamente y mezclados de acuerdo con el instructivo entregado, resultando así que se cumpla con la cantidad de comida especificada que se deberá entregar a cada vaca para que esta produzca la cantidad optima de leche, en donde el excedente de alimento se ajusta de manera cercana a las previsiones establecidas en el mismo instructivo, logrando así que exista una variación del 15% con la del instructivo, lo que demuestra una mejoría del 25% ya que antes, el residuo de alimento variaba en un 40% aproximadamente. Lo que resulta en que ahora la hacienda utilice el alimento incrementando la cantidad que se da a +2 vacas más, a diferencia de +4 vacas que se daba con anterioridad.

Controlar:

Producción de leche.

Para controlar el sistema de producción implementado, se seguirá el procedimiento actual de la empresa, que implica registrar diariamente la cantidad de litros de leche producidos en la hacienda. Después de un periodo estimado de 6 meses o 1 año, se llevará a cabo la generación de nuevas cartas de control con el fin de evaluar las modificaciones realizadas y

verificar las mejoras anticipadas, para ello también se deberá hacer un nuevo análisis de capacidad para observar la capacidad del proceso de ese momento con la aplicación usada por la hacienda llamada DelPro™ la cual pertenece a el proveedor de maquinaria de la empresa llamada DeLaval.

Almacenamiento de comida y minerales.

Para controlar todas las mejoras implementadas en los almacenes, se utilizará el control del Excel diario por parte de las personas dentro del departamento de finanzas. Este departamento monitorea constantemente cuando los insumos son recogidos, y las cantidades que son utilizadas al momento de realizar las mezclas para dar el alimento al ganado, todos estos registros se guardan en un Excel compartido, en donde se detallan: “Hora y fecha del registro”, “Código de barras”, “nombre del producto”, “Cantidad”. Un ejemplo del registro se puede observar en el Anexo N°25 y N°26.

Pesaje de alimento.

Para controlar el pesaje del alimento con ayuda de la nueva báscula, se realiza midiendo la cantidad de alimento que debería sobrar una vez el ganado sea alimentado, en comparación con lo que en verdad sobra. Para ello se midió durante 3 días dichas cantidades.

Durante los 3 días se logró observar un cambio significativo, ya que la cantidad de alimento que sobraba se aproximaba mucho al que se tenía registrado en el instructivo, en términos generales varió en un 15% aproximadamente diferencia de Antes que variaba en un 40% aproximadamente. Debido a la limitación de tiempo, no se pudo controlar durante un periodo de tiempo más largo, pero a pesar de eso, los trabajadores diariamente se encuentran en constante análisis de dicha métrica.

CONCLUSIONES

La implementación de Lean Six Sigma en la Hacienda Tambillo Alto permitió identificar y reducir los desperdicios en la producción de lácteos. Los principales hallazgos de la investigación fueron los siguientes:

- El almacenamiento de los insumos dentro de las bodegas de la hacienda era deficiente, lo que provocaba que los insumos se deterioraran y se desperdiciaran.
- El pesaje de los insumos para dar de comer a las vacas era inexacto debido a problemas de la báscula, lo que también contribuía al desperdicio de insumos y a la disminución de la producción de leche.
- No se tenían previstos periodos de tiempo, en donde el ganado producía menos cantidades de leche.

Para abordar estos problemas, se implementaron las siguientes acciones:

- Se mejoraron los sistemas de almacenamiento de los insumos mediante el uso de la herramienta Kanban automatizado. Esta herramienta consta de la inclusión de señaléticas con códigos de barras que permiten la automatización del registro de datos de los materiales usados donde los encargados pueden monitorear que estos se mantengan en buen estado y así se reduzcan desperdicios.
- Se implementó una balanza nueva la cual posee un plan de calibración mensual para poder observar un posible mantenimiento y evitar variación para los insumos, para que este sea más preciso y se minimice el desperdicio.
- Mediante la herramienta de control visual se entregó un diagrama basado en un Gantt que permite a los trabajadores observar los periodos cambiantes en el año,

en donde observarán exactamente cuantas vacas inician los procesos de secamiento y de parto, para tomar acción en esas épocas del año.

Además de los beneficios mencionados anteriormente, la implementación de Lean Six Sigma también tuvo un impacto positivo en la cultura organizacional de la hacienda. Mediante una socialización del proyecto con los trabajadores pudieron desarrollar correctamente el nuevo método de medición y ya no se estresan al momento de recolectar los insumos.

La implementación de Lean Six Sigma en la Hacienda Tambillo Alto es un ejemplo de cómo esta metodología puede ser utilizada para mejorar la eficiencia y la productividad en una empresa como lo es la herramienta 5S la cual es de gran ayuda para empresas como estas debido a que posee un cambio eficiente en la organización de materiales y mejorar su productividad.

Respecto a la implementación de las 5s, la clasificación ayudó a eliminar sacos innecesarios y en general a organizar el espacio de las bodegas de la hacienda de manera más efectiva, facilitando la ubicación y obtención de minerales, abono, herramientas y equipo necesario. La organización por otro lado aseguró que los insumos esenciales estén fácilmente accesibles, reduciendo el tiempo que los vaqueros perdían buscando cosas y mejorando la así se mejoró la eficiencia en las operaciones diarias de la hacienda.

En conclusión, la implementación de mejoras en el proceso de alimentación de las vacas de la hacienda generó un impacto en la producción de leche, se aumentó la capacidad de producción y se redujo la variabilidad en las cantidades de leche producidas por las vacas. Al tener un enfoque especial en los procesos de manejo de insumos para crear la fórmula de alimento para vacas, la calidad y la consistencia de la dieta proporcionada a las mismas mejoró, así logrando un aumento en la capacidad de producción, y reducción de variabilidad en la práctica de alimentar a la vacas lo que a su vez redujo la variabilidad que existía en las cantidades de leche producidas.

LIMITACIONES

Existe una mayor variabilidad en los procesos al incluir seres vivos como ganado bovino que influyen en la mejora continua por temas biológicos. El clima juega un papel esencial en la toma de datos para el desarrollo de este proyecto por su influencia en la producción final de leche. Por otro lado, la curva de aprendizaje de los empleados sobre el nuevo método de trabajo no siempre se logra en corto tiempo lo cual retrasa la estandarización de los procesos y los datos obtenidos no reflejan el panorama futuro.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas para constatar el uso de las herramientas implementadas y analizar posibles mantenimientos o refuerzos de cada mejora.

Mantener el uso de las señaléticas para la gestión de inventarios con la ayuda del código de barras para monitorear posibles cambios en la utilización de los materiales y evitar compras innecesarias de productos.

Capacitar al personal mediante talleres con el objetivo de que ellos puedan encontrar posibles mejoras a futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

10.16-La-produccion-de-leche-en-Ecuador-y-Chimborazo-nuevas-oportunidades-e-implicaciones-ambientales. (s/f).

Baldivia, A., & Ibarra, G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles De Poblacion*, 23, 207-230. <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>

Borja Mayorga, D. F., Andrade Avalos, M. L., & Salazar Alvarez, E. G. (2022). Modelación matemática para el control de temperatura de salida en tanques de almacenamiento térmico de la Industria láctea. *ConcienciaDigital*, 5(2), 251–269. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i2.2235>

Brassel, Hidalgo, Gondard, & Pierre. (2007). Libre comercio y lácteos : la producción de leche en el Ecuador entre el mercado nacional y la globalización.

Cadena, J. L., Pereira, ;, Nathaly D, & Perez, Z. P. (s/f). La innovación y su incidencia en el crecimiento y desarrollo de las empresas del sector alimentos y bebidas del Distrito Metropolitano de Quito (Ecuador) durante el 2017 Innovation and its impact on the growth and development of companies in the food and beverage sector of the Distrito Metropolitano de Quito during 2017 Contenido (Vol. 40).

Capacidad productiva de una industria láctea del puyo, ecuador the production capacity in the dairy industry of the city of puyo, province of pastaza. (n.d.).

Carolina Dominguez Ortiz, J., Manuel Montoya Arango, J., José Bravo Ortiz, M., Mauricio Paredes Rodríguez, A., Ortiz, D., Arango, M., Ortiz, B., & Rodríguez, P. (n.d.). Estrategia lúdica de aprendizaje para el control de sistemas de producción desde un enfoque Lean: El uso del sistema de tarjetas Kanban. <https://doi.org/10.24050/reia>.

Casal, G., Sánchez, M., Freire, J., Blasco, R., Riquelme, A., & Vázquez, Á. (2013). Productividad y eficiencia en investigación por comunidades autónomas españolas según la financiación (2011). *Aula Abierta*, 41, 87-98. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4239166>

Declaración del profesor guía. (s/f).

De Comercio, C., de Investigación, P., La, D., Paste, C., Alexandra, T., Efrén, I., Montenegro, G., Latacunga -Ecuador, C., De, Á., De, P., Medianas, L., & De, E. (n.d.). universidad técnica de cotopaxi facultad de ciencias administrativas "diagnóstico de los procesos de innovación en él.

D., Armas, M., Alejandro, D., Martínez, H., & Araceli, Y. (s/f). *Universidad técnica de cotopaxi*. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10465>

Ecuador, S., & De Gestión, Á. (2009). Universidad Andina Simón Bolívar.

Freedman, D. (1993). *Estadística*, 2a ed. Antoni Bosch editor.

Ganadería, L. A., Leche, D. E., Su, Y., En, I., Desarrollo Económico, E. L., País, D., Paola, H., & Salas, E. (s/f). universidad internacional sek facultad de ciencias económicas y administrativas carrera de ingeniería financiera.

Goshime, Y., Kitaw, D. y Jilcha, K. (2019). Lean Manufacturing como vehículo para mejorar la productividad y la satisfacción del cliente. *Revista Internacional de Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063>.

Irene Andreu, Apd baleares. (2022). ¿Qué es un Ecosistema de Innovación?

<https://www.apd.es/ecosistema-de-innovacion-que-es-y-roles/>

Jablonsky, J., & Skocdopolova, V. (2017). Análisis y Optimización del Proceso de Producción en una Empresa Procesadora de Leche. *Informacion Tecnologica*, 28(4), 39–46.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400006>

Liebengood, S., Cooper, M. y Nagy, P. (2013). Ir al gemba: identificar oportunidades de mejora en radiología. *Revista del Colegio Americano de Radiología: JACR*, 10 12, 977-9. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2013.08.016>.

Lleras, J., & Acosta, L. (2015). Direccionamiento estratégico para proyectos de innovación en Colombia., 1, 115-127. <https://doi.org/10.21158/23823399.v1.n1.2013.1213>.

McJoynt, T., Hirzallah, M., Satele, D., Pitzen, J., Alberts, S. y Rajkumar, S. (2009).

Construcción de una autopista de protocolo: el caso del Centro Oncológico de Mayo Clinic. *Revista de oncología clínica: revista oficial de la Sociedad Estadounidense de Oncología Clínica*, 27 23, 3855-60. <https://doi.org/10.1200/JCO.2008.21.4338>.

Montgomery, D. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control, Seventh Edition*, 6, 267- 271.

Mustapha, M., Hasan, F. y Muda, M. (2019). Implementación de Lean Six Sigma: múltiples estudios de caso en un país en desarrollo. *Revista Internacional de Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0096>.

Producción En Una Fábrica De Alimento Para Ganado Allán Chacara Montes, L., Mauricio

López Acosta, M., & Susana García Vilches, M. (2022). Aplicación Lean Change Management, Para Aumentar La Producción En Una Fábrica De Alimento Para Ganado. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: División de Ciencias Económicas y Sociales*, 38. <https://doi.org/10.46589/RDIASF.VI38.489>

- Rincón Díaz, C. A., & Díaz Mateus, R. D. (2017). Una aproximación teórica a la innovación. Fuentes y barreras en el sector lácteo. *Revista CIFE: Lecturas de Economía Social*, 18(28), 91. <https://doi.org/10.15332/s0124-3551.2016.0028.04>
- Romulo, S., Bolaños, C., & Antonio, J. (n.d.). “Análisis de la herramienta smed en los procesos de la industria láctea.”
- Sánchez Giler, s. e., García regalado, j. o., & Holguín Alvarado, W. F. (2020). Ecuadorian Industry of Alimentary Products Processing: Econometric Analysis About Profitability Indicators, Period 2010-2017 Contenido. <https://muchomejorecuador.org.ec/elementor-26163/>
- Socconini, Luis. (2015). Certificación lean six sigma green belt : para la excelencia en los negocios. Marge Books.
- Sosa Baldivia, A., & Ruíz Ibarra, G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de Población*, 23(93), 207–230. <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>
- Sócola López, A.H., Medina Marchena, A., & Olaya Guerrero, L. M. (2020). Las 5S, herramienta innovadora para mejorar la productividad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 41-47.
- Uriarte-Gastón, M. (2004). Social Policy Responses to Cuba's Economic Crisis of the 1990s. *Cuban Studies*, 35, 105-136. <https://doi.org/10.1353/CUB.2005.0023>.
- Zambrano, D., López, E., Castillo, E., & Villacis, D. (2017). Ecuador's dairy sector: Main characteristics of the production chain in rural areas of canton Riobamba, Chimborazo province. *Agroindustrial Science*, 7(1), 19–32. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2017.01.02>

Zambrano Vera, D. (n.d.). *La industria de lácteos de Riobamba-Ecuador: dinámicas en la economía local Dairy processing industry of Riobamba-Ecuador: dynamics in the local economy.*

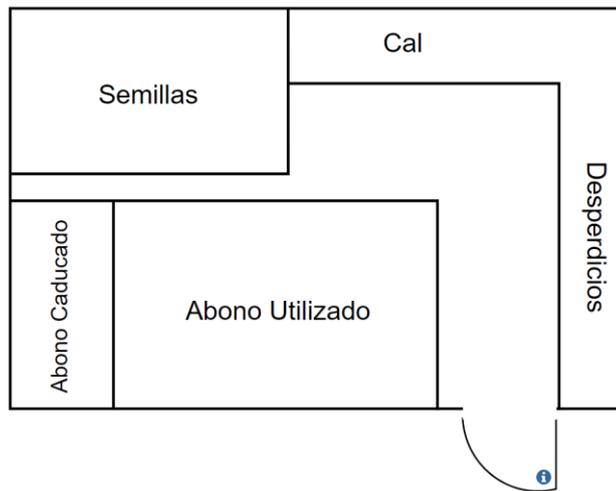
Zhang, W., Hill, A. y Gilbreath, G. (2011). Una agenda de investigación para la investigación Six Sigma. *Revista de Gestión de Calidad*, 18, 39 - 53.

<https://doi.org/10.1080/10686967.2011.11918301>

ANEXOS



Anexo N°1. Grupos de vacas



Anexo N°2. Plano Bodega de Minerales



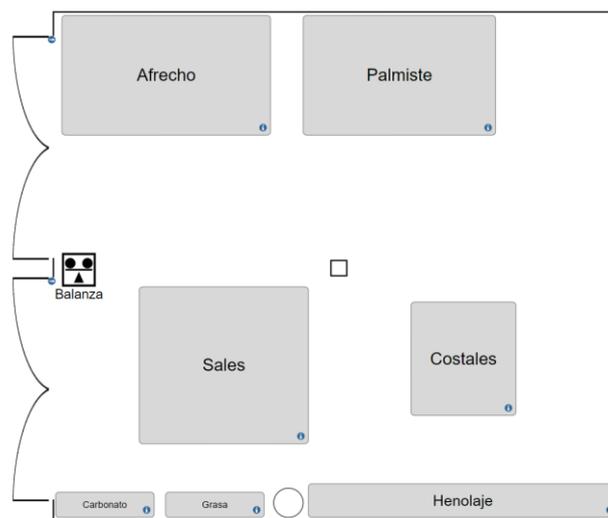
Anexo N°3. Desperdicios en Bodega de Minerales



Anexo N°4. Bodega de Minerales infestada de basura



Anexo N°5. Estado Actual de bodega de insumos



Anexo N°6. Plano Bodega de Insumos



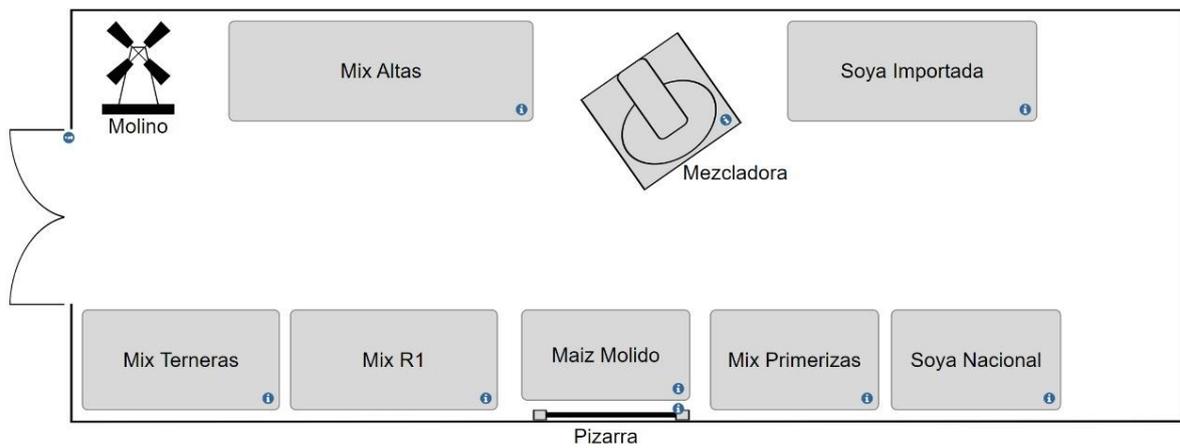
Anexo N°7. Materiales extras en bodega de insumos: Limpiones y medicina



Anexo N°8. Materiales extras de insumos: costales



Anexo N°9. Materiales extras de insumos: semillas caducadas



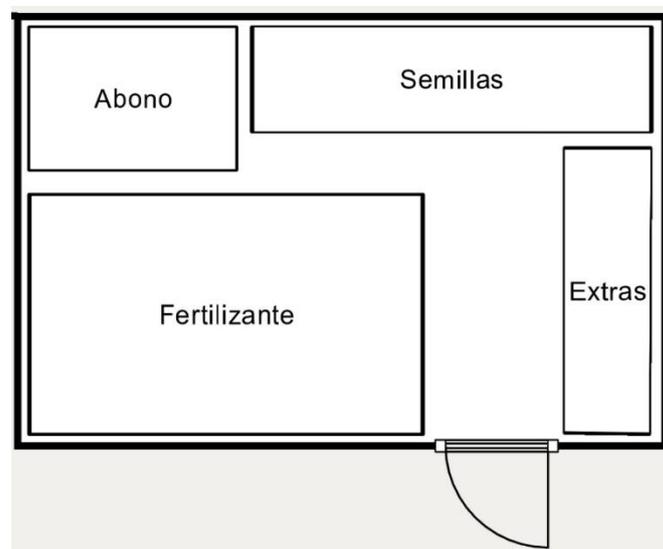
Anexo N°10. Plano Bodega de Balanceados



Anexo N°11. Gemba Walk: Proceso de pesaje



Anexo N°12. Pesa en mal estado



Anexo N°13. Plano Bodega de Minerales Después



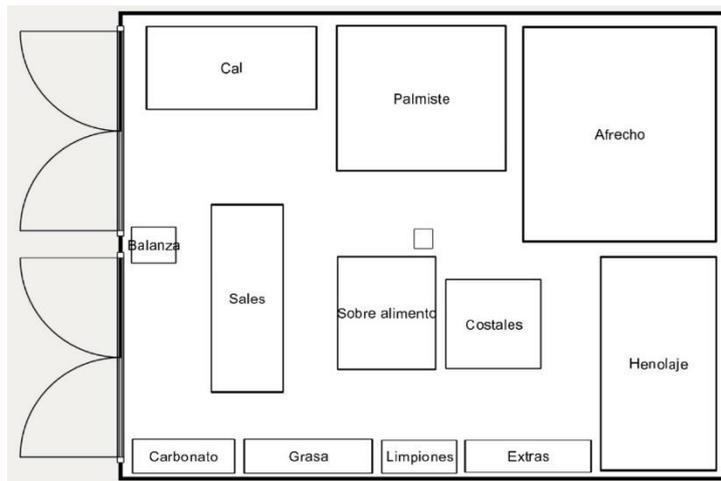
Anexo N°14. Implementación 1 en bodega de minerales



Anexo N°15. Implementación 2 en bodega de minerales



Anexo N°16. Implementación 3 en bodega de minerales



Anexo N°17. Plano Bodega de Insumos Después



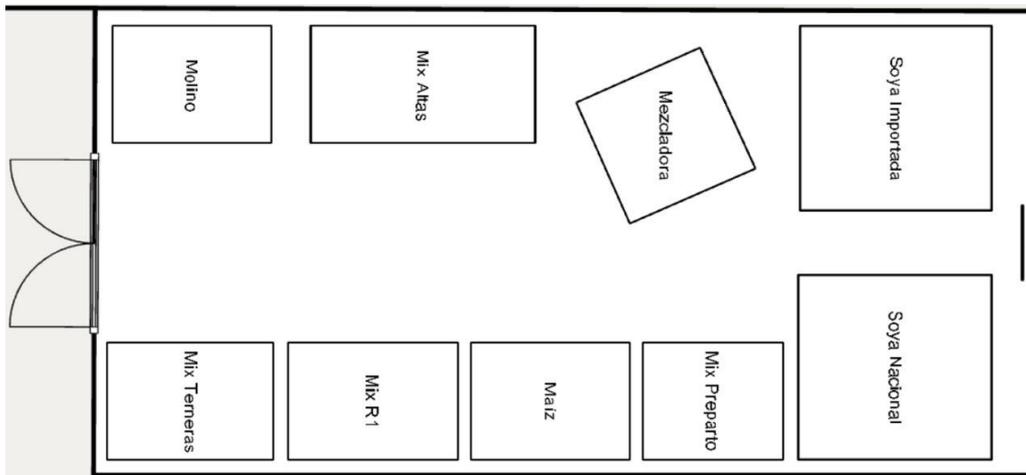
Anexo N°18. Implementación 1 en bodega de insumos



Anexo N°19. Implementación 2 en bodega de insumos



Anexo N°20. Implementación 3 en bodega de insumos



Anexo N°21. Plano Bodega de Balanceados Después



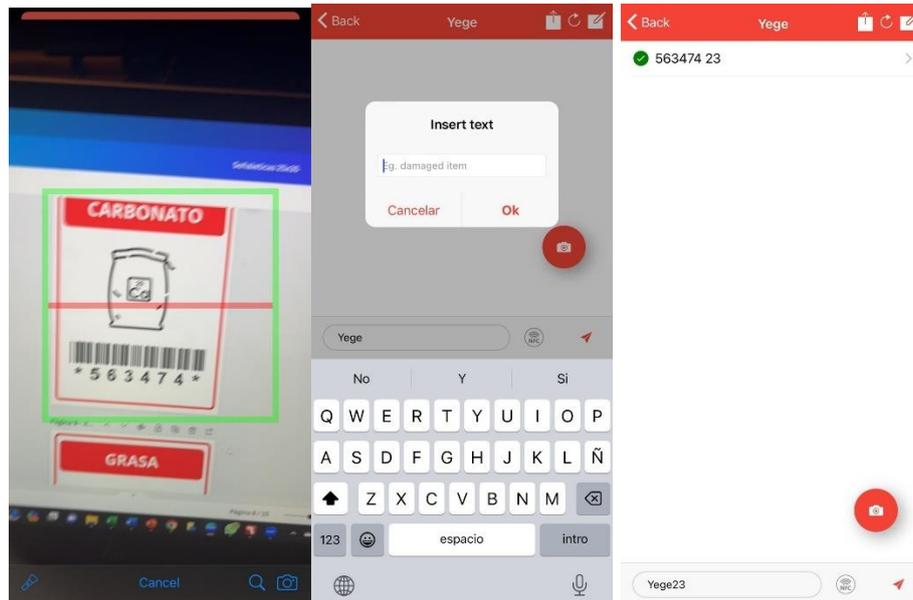
Anexo N°22. Implementación 1 en bodega de balanceados



Anexo N°23. Implementación 2 en bodega de balanceados



Anexo N°24. Implementación 3 en bodega de balanceados



Anexo N°25. Aplicación “Barcode To PC” en Celular

Hora	Fecha	Codigo de Barras	Material	Cantidad (kg)
3:42:45	29/11/2023	740764	Abono	12.1
6:12:34	29/11/2023	331632	Cal	16.4
5:08:13	1/12/2023	494161	Palmiste	13.5
4:22:56	4/12/2023	563474	Carbonato	14.7
3:32:41	5/12/2023	384760	Sobre Alimento	10.5
4:51:21	5/12/2023	904823	Soya Nacional	8.6

Anexo N°26. Datos cargados al Excel