

Improvement proposal with the use of quality management tools to reduce operating costs in a balanced poultry feed mill, Trujillo 2024

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Azucena Giovanni Ríos-Velasquez, estudiante de Ingeniería Industrial¹, Angel Rodrigo Velasquez-Alfaro, estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, N00269118@upn.pe, N00269236@upn.pe

Abstract- The main objective of this research work is to define an improvement proposal using statistical control and quality management tools, to reduce the operating costs of a company dedicated to the production of balanced feed for poultry in the city of Trujillo. The study was based on formal and exact science by nature, and diagnostic and proactive in terms of design. To begin with, a situational diagnosis of the company was made, using the Ishikawa diagram, thus finding the main root causes affecting the company's operating costs, which mainly concern in general the maintenance of machines, working methods, inventory management and raw material warehouse. A detailed descriptive statistical study was carried out based on the data collected for each root cause, the monetization of the losses was processed in a Pareto diagram to verify which root cause has the greatest economic impact on the study. Likewise, the methodology was developed with the use of engineering tools such as QFD, FMEA and DEMAIC Six Sigma, which allowed to propose the necessary improvement proposal to optimize the situation of the company under study, thus achieving a visible improvement, giving solutions to the initial root causes, and defining measures for future control based on customer requirements and the quality of the product/service delivered. In addition, a general economic analysis of the proposed improvement proposal was carried out, resulting in an NPV of S/. 66,967.49, an IRR of 75.33% (higher than the proposed COK of 20%) and a PRI of 3 years, values that indicate that the proposal is economically viable.

Key words: Quality management, mill, balanced feed, FMEA, Six Sigma.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Propuesta de mejora con el uso de herramientas de gestión de la calidad para reducir los costos operativos en un molino de alimento balanceado para aves, Trujillo 2024

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Azucena Giovanni Ríos-Velasquez, estudiante de Ingeniería Industrial¹, Angel Rodrigo Velasquez-Alfaro, estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, N00269118@upn.pe, N00269236@upn.pe

Resumen– El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal definir una propuesta de mejora haciendo uso de herramientas de control estadístico y gestión de la calidad, para reducir los costos operativos de una empresa dedicada a la producción de alimento balanceado para aves en la ciudad de Trujillo, Perú. Se realizó un estudio basado en la ciencia formal y exacta por naturaleza, y diagnóstica y propositiva en cuanto al diseño. Para empezar, se realizó un diagnóstico situacional de la empresa, usando el diagrama de Ishikawa, encontrando así las principales causas raíz que afectan a los costos operativos de la empresa, las cuales principalmente conciernen en general al mantenimiento de máquinas, métodos de trabajo, gestión de inventarios y almacén de materia prima. Se llevó a cabo un detallado estudio estadístico descriptivo en base a los datos recogidos para cada causa raíz, se procesaron las monetizaciones de las pérdidas en un diagrama de Pareto para verificar qué causa raíz tiene mayor impacto económico en el estudio. Asimismo, la metodología se desarrolló con el uso de herramientas de ingeniería como QFD, AMFE y DEMAIC Six Sigma, las cuales permitieron plantear la propuesta de mejora necesaria para optimizar la situación de la empresa de estudio, logrando así un visible mejoramiento, dando soluciones a las causas raíz iniciales, y definiendo medidas para su control futuro en base a los requerimientos de los clientes y la calidad del producto/servicio entregado. Además, se realizó un análisis económico general de la propuesta de mejora planteada, resultando en un VAN de S/. 66.967.49, un TIR de 75.33% (superior al COK del 20% propuesto) y un PRI de 3 años, valores que indican que la propuesta es viable económicamente.

Palabras clave: Gestión de la Calidad, molino, alimento balanceado, AMFE, Six Sigma.

Abstract– The main objective of this research work is to define an improvement proposal using statistical control and quality management tools, to reduce the operating costs of a company dedicated to the production of balanced feed for poultry in the city of Trujillo, Peru. The study was based on formal and exact science by nature, and diagnostic and proactive in terms of design. To begin with, a situational diagnosis of the company was made, using the Ishikawa diagram, thus finding the main root causes affecting the company's operating costs, which mainly concern in general the maintenance of machines, working methods, inventory management and raw material warehouse. A detailed descriptive

statistical study was carried out based on the data collected for each root cause, the monetization of the losses was processed in a Pareto diagram to verify which root cause has the greatest economic impact on the study. Likewise, the methodology was developed with the use of engineering tools such as QFD, FMEA and DEMAIC Six Sigma, which allowed to propose the necessary improvement proposal to optimize the situation of the company under study, thus achieving a visible improvement, giving solutions to the initial root causes, and defining measures for future control based on customer requirements and the quality of the product/service delivered. In addition, a general economic analysis of the proposed improvement proposal was carried out, resulting in an NPV of S/. 66,967.49, an IRR of 75.33% (higher than the proposed COK of 20%) and a PRI of 3 years, values that indicate that the proposal is economically viable.

Key words: Quality management, mill, balanced feed, FMEA, Six Sigma.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó en torno a un Molino, empresa productora de alimentos balanceados para aves vivas de abasto en la ciudad de Trujillo, Perú. Inicialmente se realizó un diagnóstico general de la empresa, pues era conocido que, debido a su ubicación y su distribución física, contaba con una serie de problemas en distintos puntos del proceso productivo, relacionados directamente con la maquinaria, la gestión de inventarios y almacén de materia prima, y los métodos de trabajo de los operarios.

La presente investigación se desarrolló con el objetivo principal de definir una propuesta de mejora haciendo uso de herramientas de control estadístico y gestión de la calidad, para reducir los costos operativos de una empresa dedicada a la producción de alimento balanceado para aves en la ciudad de Trujillo, Perú. Para esto, la metodología empleada debe garantizar una correcta implementación de estrategias, recursos, y métodos de calidad a fin de identificar causas, y así disponer de posibles soluciones a los problemas surgidos [1], reducir errores, desperdicios, optimizar la productividad y la calidad de los productos, reducir los costos y aumentar el rendimiento de la empresa [2].

Un Sistema de Gestión de la Calidad es importante para toda empresa, pues permite una mejora en la organización en la planificación, ejecución y control de las actividades, las cuales son indispensables para brindar servicios y productos

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

de calidad teniendo en cuenta siempre la satisfacción del cliente [3].

Como fase de diagnóstico, en el Diagrama de operaciones del Proceso se muestran todas las operaciones, inspecciones, tolerancias de tiempo y materiales utilizados en un proceso productivo [4]. El diagnóstico inicial de la situación de la empresa y los problemas mencionados son plasmados en un Diagrama de Ishikawa, el cual es un elemento indispensable que permite examinar las partes que intervienen en la calidad del producto o servicio, revelando las causas reales del problema en cuestión [5].

Del diagrama se desprenden cuatro Causas Raíz principales, las cuales son la falta de un plan de mantenimiento, falta de un control de materia prima almacenada, falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado y falta de un correcto proceso de pesado de los sacos. Para estas causas deben definirse Indicadores, ya que estos son un instrumento fundamental en la medición de los logros alcanzados, es decir, es la prueba de que los procesos internos de una empresa van desarrollándose [6]. Dichas causas raíz son sometidas a una Monetización con técnicas de costeo diferente por cada causa raíz debido a la naturaleza de cada una, cuyos montos de dinero son consideradas Pérdidas.

De la misma manera, el Diagrama de Pareto permite localizar el problema principal y sus causas a priorizar, en base a la “Ley 80-20”, el cual afirma que pocos elementos generan la mayor parte del efecto [7]. La estadística descriptiva brinda sugerencias para poder detallar con precisión los datos recogidos de la investigación, asimismo, sustituye los datos en valores descriptivos como la media, mediana, varianza, desviación estándar, entre otros [8]. Los Histogramas de Frecuencias son el siguiente paso del diagnóstico del estudio, los cuales con un resumen gráfico de la variación de los conjuntos de datos registrados [9], con la ayuda de la Curva Normal, la simple inspección visual de los datos sugiere la forma en la que se distribuyen [10]; de la mano con los Gráficos de Control, que son una alternativa de monitorización de los procesos y se utilizan para detectar cambios en los procesos, evaluar los parámetros, y su capacidad para producir algo con respecto a las especificaciones establecidas [11].

Como herramientas de solución, la Casa de Calidad (QFD) se fundamenta en las necesidades del cliente y sus requerimientos, trasladándolas y relacionándolas con los requerimientos técnicos de toda la organización, pues ayuda a tomar decisiones con el fin de desarrollar productos de calidad para maximizar la satisfacción del cliente [12]. La Matriz AMFE contribuye a disponer un ranking de acciones para mejorar procesos y a establecer estrategias de mejora existentes, o crear nuevas si el caso lo requiera [13], generando confianza en los clientes y a la misma empresa en innovar.

La herramienta Six Sigma busca optimizar el rendimiento de los procesos y reducir sus variaciones, disminuyendo así los defectos, teniendo en cuenta la satisfacción del cliente y beneficiando a la organización en calidad de productos,

servicios, procesos y en dinero obtenido, derivados del aumento en la capacidad de procesos y la inclusión del cliente [14]. La metodología DEMAIC es utilizada para la implementación del Six Sigma y se considera la evolución de enfoques como el TQM, los Círculos de Calidad y el Control Estadístico de la Calidad [14], pues permite definir el problema, cuantificarlo, analizar sus causas, implementar soluciones viables, y mantenerlas bajo control [15].

Para analizar económicamente si la propuesta de mejora es rentable, se plasma todo lo referente a montos de ingresos, costos, depreciaciones, utilidad bruta y utilidad neta, en el Estado de Resultados, el cual muestra un resultado neto de todas las ejecuciones durante un periodo contable [16]. El Flujo de Caja es una proyección que se espera en un periodo específico, es decir, da a conocer el flujo de ingresos menos egresos recibidos por las operaciones durante un periodo determinado [17], en cuanto a los indicadores financieros VAN, TIR y PRI son usados para definir cuándo un proyecto de inversión debe ponerse en marcha o no [18].

La referencia [19] en su tesis “Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para reducir los costos en la empresa Molino El Cortijo S. A. C. – Trujillo” menciona que, las condiciones de mercado en La Libertad muestran una elevada competencia sectorial ocasionando que las empresas busquen reducir costos para poder brindar productos de buena calidad y con precios accesibles; dicha disminución de costos se obtiene a través de la eficacia de los procesos productivos, adquisiciones, distribución y manejo de insumos en almacén.

Asimismo, la referencia [20] en su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y mantenimiento para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo, 2020” concluyó que, con la propuesta de mejora, al aplicar herramientas de ingeniería industrial como la Matriz de criticidad, AMFE, MRP, Solver, gestión de inventario y BPM, se incrementaron las ventas de S/3,114,486.00 a S/3,354,045 y disminuyeron los costos de producción de S/2,466,724.00 a S/2,656,459.00 con una mejora del 0.90% sobre la rentabilidad y las ventas de la empresa, lo que demuestra una gran mejora. El VAN obtenido fue S/3,835, una TIR de 71.2%, un retorno es de 9 meses y el Beneficio/Costo es 1.8.

De igual manera, la referencia [21] en su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para reducir los costos operativos de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2020” afirma que, con el uso de herramientas de ingeniería industrial para la disminución de los costos operativos, ya sean por deficiente balance nutricional, balance de línea, planeamiento de abastecimiento y deficiente asignación de fletes; permitieron eliminar o disminuir actividades que no generaban valor, e implementando dichas mejoras, obtendría una ganancia total de S/132,404.

Por otra parte, la referencia [22] en su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2022” menciona que los problemas en la gestión de producción y logística afectan negativamente la

rentabilidad de un molino de alimento balanceado, con causas como el deficiente balance nutricional, deficiente balance de línea, deficiente planeamiento de abastecimiento y deficiente distribución del molino.

Finalmente, mostrados los motivos de la situación actual de la empresa y sus operaciones productivas, se puede afirmar que hace es pertinente resaltar la importancia de la propuesta de mejora en la gestión de la calidad de la empresa de estudio, para así poder reducir los costos operativos y dar solución a las causas raíz mencionadas inicialmente mediante el uso de las herramientas ya descritas.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene una metodología de naturaleza basada en la ciencia formal y exacta, y diagnóstica y propositiva en cuanto al diseño. Se enfoca en la aplicación de herramientas de control estadístico y gestión de la calidad para plantear una propuesta de mejora cuyo propósito es la reducción de los costos operativos en la empresa productora de alimento balanceado para aves.

Es oportuno mencionar que los datos procesados y el seguimiento de la investigación se llevaron a cabo en una Laptop Acer Core i5, acompañada de los programas Microsoft Office Excel y Minitab Statistical Software. La información obtenida resulta de libros y tesis virtuales, artículos científicos de bases de datos como Scopus, Scielo, Redalyc, y el buscador Google Académico. La Tabla I muestra un resumen de la metodología y procedimiento ejecutado durante el desarrollo del trabajo investigación:

TABLA I
METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

ETAPA	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Diagnóstico	Diagrama de Ishikawa	Se identificó las 4 principales causas raíces de los altos costos operacionales del Molino.
	Matriz de Indicadores	Se definió los respectivos indicadores de cada causa raíz de la problemática y la ruta de su monetización.
	Monetización de Pérdidas	Se determinó las pérdidas monetarias generadas por cada causa raíz.
	Diagrama de Pareto	Se identificó la priorización de solución de cada causa raíz gracias a su monetización calculada.
	Histograma de Frecuencias	Se procesó la información para tener una mejor visión del comportamiento de los datos.
	Gráficos de Control	Se analizó el comportamiento de los datos obtenidos de cada causa raíz en base a sus estadísticas históricas.
Solución propuesta	Casa de Calidad (QFD)	Se identificó los requerimientos técnicos y de cliente, y se los priorizó en base a la importancia de cada uno.
	Matriz AMFE	Se definieron las posibles fallas del proceso productivo, y los modos de minimización de cada uno.
	DMAIC Six Sigma	Se verificó la aptitud del proceso con respecto a los datos actual y mejora; la optimización y control de las mejoras.
Evaluación Económica	VAN	Se calculó el Valor Neto Actual para conocer cuánto dinero se va a ganar o perder con la inversión realizada.
	TIR	Se definió la Tasa Interna de Retorno para evaluar si el proyecto desarrollado es rentable.
	PRI	Se midió el Periodo de Recuperación de la Inversión para saber el tiempo que tomará en recuperar la inversión.

Se inició realizando un diagnóstico situacional de la empresa. El diagrama de Ishikawa en la Fig. 1, permitió definir las áreas con los problemas generales que atraviesa la

empresa, y a partir de ellos identificar y especificar sus Causas Raíz, las cuales son el objeto principal de estudio.

En lo que respecta a la maquinaria, se generan constantes interrupciones de su funcionamiento debido a la falta de un plan de mantenimiento; asimismo se descarta materia prima para la producción debido a la antigüedad y plagas que surgen en el área de almacén, siendo la causa raíz la falta de un control de inventarios y materia prima almacenada; la falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado es la causa raíz resultante de los reprocesos de sacos mal sellados en lo concerniente a métodos; en medición, la falta de un correcto proceso de pesado de los sacos resulta ser la causa de los sobrepesos encontrados en los sacos envasados.

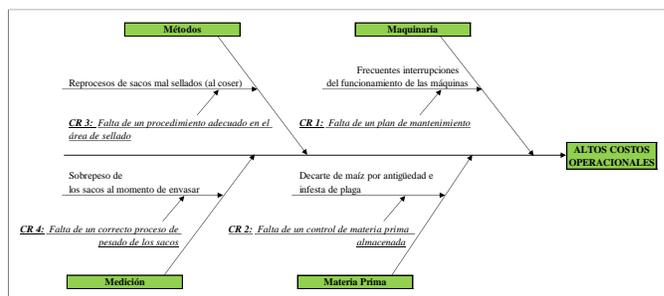


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa

La Fig. 2 muestra una descripción más detallada de cada causa raíz, su indicador, la naturaleza de cada una (Atributo – Variable) y se describen sus rutas de monetización.

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	MONETIZACIÓN
CR 1	Falta de un plan de mantenimiento	Nº de mantenimientos realizados del total programados - (Atributo)	Pérdidas por la falta de mantenimientos a las máquinas, lo cual repercute en paradas del proceso.
CR 2	Falta de un control de materia prima almacenada	Kg de materia prima descartada para la producción - (Variable)	Pérdidas por el descarte del maíz inutilizable por la antigüedad de almacenamiento, e infesta de gorgojos.
CR 3	Falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado	Nº de sacos mal sellados del total de sacos producidos - (Atributo)	Pérdidas por los recursos usados al recoser los sacos, y por el tiempo que se requiere.
CR 4	Falta de un correcto proceso de pesado de los sacos	Kg de alimento excedente en cada saco envasado - (Variable)	Pérdidas por el excedente de alimento que se da en cada saco.

Fig. 2 Matriz de Indicadores

Partiendo de la ruta de monetización, en la Tabla II se muestran los montos totales de las pérdidas de cada causa raíz, los cuales fueron tomados en distintos periodos de tiempo debido a la forma del registro de datos de cada una.

En primer lugar, evaluando el número de mantenimientos programados, el número de mantenimientos realizados y las horas de paralización por falla, la falta de un plan de mantenimiento (CR 1) muestra el costo de pérdidas más alto con un total de S/. 21,718.53, el cual se obtuvo monetizando las pérdidas por mano de obra y por la producción, ambos en los tiempos de paralización.

Los kilogramos de materia prima descartada por antigüedad o presencia de plagas dan lugar a la falta de un control de materia prima almacenada (CR 2), que monetizando las pérdidas por Kg de maíz descartado resulta en un monto de S/. 1,895.69.

Por otra parte, evaluando el número de sacos llenados en un mes, el % de sacos mal sellados en cada día y los tiempos

muertos, la falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado (CR 3) refleja una pérdida de S/. 397.53 que resulta de monetizar las pérdidas por mano de obra y las pérdidas de materiales por reproceso de sellado, resaltando que esta causa puede ser debida principalmente a la falta de conocimiento de los operarios en el proceso de sellado final de los sacos.

Finalmente, la falta de un correcto proceso de pesado de los sacos (CR 4) muestra una pérdida pequeña de S/. 36.60 debido al periodo de la muestra, siendo monetizadas las pérdidas por kilogramo de peso excedente en cada saco que se entrega al cliente final, debido a la falta de habilidades de los trabajadores o la mala posición de la balanza.

TABLA II
MONETIZACIÓN DE PÉRDIDAS

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	PÉRDIDAS	TIEMPO
CR 1	Falta de un plan de mantenimiento	N° de mantenimientos realizados del total de programados - (Atributo)	S/ 21,718.53	6 meses
CR 2	Falta de un control de materia prima almacenada	Kg de materia prima descartada para la producción - (Variable)	S/ 1,895.69	1 año
CR 3	Falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado	N° de sacos mal sellados del total de sacos producidos - (Atributo)	S/ 397.53	1 mes
CR 4	Falta de un correcto proceso de pesado de los sacos	Kg de producto excedente en cada saco envasado - (Variable)	S/ 36.60	1 día
TOTAL			S/ 24,048.35	

Analizadas y monetizadas las cuatro causas raíz, se evaluaron los montos de pérdidas, se ordenaron de mayor a menor y se determinaron los porcentajes de cada uno con respecto a su total, como se muestra en la Fig. 3, para luego realizar el Diagrama de Pareto, y poder observar la influencia que tiene cada una en la empresa y cuál es la que genera la mayor parte del efecto negativo en ella.

Por ende, en la Fig. 4 se observa que la CR 1 es la que mayor repercusión tiene entre las pérdidas operativas de la empresa y la problemática, pues esta será la que más importancia deberá tenerse en cuenta para el plan de mejora.

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	PÉRDIDAS	PÉRDIDA ACUMULADA	% PÉRDIDA	% PÉRDIDA ACUMULADA	88 - 28	N° CAUSAS ACUMULADO
CR 1	Falta de un plan de mantenimiento	N° de mantenimientos realizados del total de programados - (Atributo)	21,718.53	S/ 21,718.53	90.13%	90.13%	80%	25%
CR 2	Falta de un control de materia prima almacenada	Kg de materia prima descartada para la producción - (Variable)	1,895.69	S/ 23,614.22	7.38%	97.51%	80%	50%
CR 3	Falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado	N° de sacos mal sellados del total de sacos producidos - (Atributo)	397.53	S/ 24,011.75	1.65%	99.16%	80%	75%
CR 4	Falta de un correcto proceso de pesado de los sacos	Kg de producto excedente en cada saco envasado - (Variable)	36.60	S/ 24,048.35	0.15%	100%	80%	100%

Fig. 3 Diagrama de Pareto - Acumulado

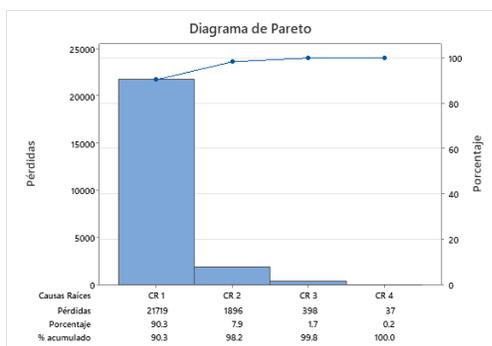


Fig. 4 Diagrama de Pareto

En las siguientes cuatro Figuras, se elaboraron los Histogramas de Frecuencia para cada causa raíz con los

registros de datos que se tienen de ellas, para tener una mejor visión de sus frecuencias y de su comportamiento con respecto a una curva normal; también se realizaron sus gráficas de control, las cuales permitieron analizar el comportamiento que tienen todos los datos, conforme a su naturaleza, ya sea Atributo como en el caso de la CR 1 y CR 3 o Variable para la CR 2 y CR 4; y conforme a sus Límites de Control, los cuales derivan estadísticamente de los datos históricos registrados de cada causa raíz, dando a conocer si el proceso de cada causa está o no bajo control estadístico.

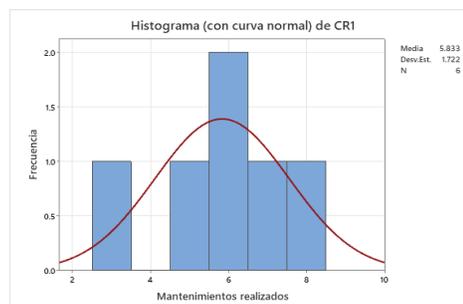


Fig. 5 Histograma de Frecuencias y Gráfico de Control np – CR 1 (Atributo)

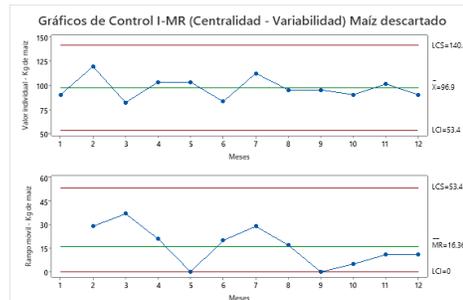
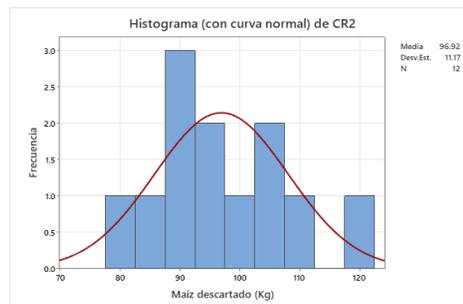


Fig. 6 Histograma de Frecuencias y Gráfico de Control I-MR de Centralidad y Variabilidad – CR 2 (Variable)

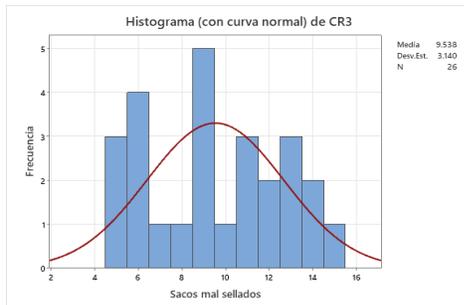


Fig. 7 Histograma de Frecuencias y Gráfico de Control np – CR 3 (Atributo)

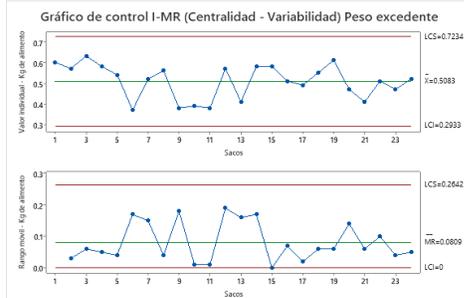
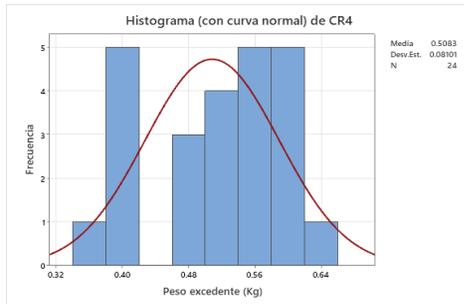


Fig. 8 Histograma de Frecuencias y Gráfico de Control I-MR de Centralidad y Variabilidad – CR 4 (Variable)

Partiendo de lo conocido hasta el momento, se procedió a elaborar la primera herramienta de mejora como lo es la Casa de Calidad (QFD), la cual se centra en dos fundamentos básicos que son los Requerimientos Técnicos y Requerimientos de Cliente, siendo estos planteados por cada investigador con respecto a las causas raíz. Esta herramienta pretende definir la prioridad al cumplimiento de los requerimientos del cliente y mantener importancia a los requerimientos técnicos, resultando más prioritario el requerimiento técnico “estandarización de

procesos”, pues esto se define con el mayor valor ponderado resultante de todo el análisis. También ayudó a definir situación que tiene la empresa de estudio con respecto a otras competidoras. Los valores de prioridad y correlaciones usados también se muestran en la Fig. 9.

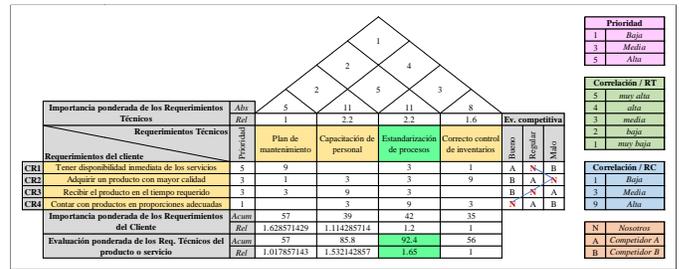


Fig. 9 Casa de Calidad (QFD)

La segunda herramienta de mejora utilizada es la Matriz de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), que permite identificar de qué manera los procesos enlazados con los requerimientos técnicos de la empresa podrían fallar, y a partir de estas, plantear preventivas y acciones que ayuden a mitigarlas. La Fig. 10 muestra que el proceso que mayor Prioridad de Riesgo tiene es la Molienda de maíz y Mezclado, proveniente de la CR 1 y del requerimiento técnico Plan de mantenimiento, con un NPR de 336.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)											
Proceso	Fallos potenciales			Condiciones existentes			Nº Prioridad de riesgo (NPR)	Acción y estado recomendados	Área responsable de la acción correctiva	Resultados	
	Modos de fallo	Efectos	Causas del modo de fallo	Método de detección	Frecuencia	Gravidad					Detectabilidad
Molienda de maíz y mezclado	Paradas de máquinas imprevistas por fallas	Retrasos en producción y entregas	Falta de un plan de mantenimiento	Fallas aparentes en jornadas de trabajo	7	6	8	336	Realizar inspecciones periódicas y verificar el cumplimiento de los mantenimientos	Ingeniero, Operarios de las máquinas	Inspeccionar las máquinas y verificar los mantenimientos programados
Almacenamiento de maíz	Materia prima en mal estado por plagas o de mala calidad	Dispendio de materia prima deteriorada o de amigdalidad	Deficiente control de materia prima almacenada	Inspección de materia prima almacenada	5	7	6	210	Dar capacitación a los trabajadores para mantener orden y control del almacén	Ingeniero, Encargado de almacén e inventarios	Mantener el almacén de materia prima controlado, limpio y ordenado
Sellado	Dificultad al realizar un correcto sellado de los sacos con producto final	Sacos mal sellados y demoras en la entrega del producto	Procedimiento inadecuado en el área de sellado	Apariencia física visible de los sacos sellados	8	5	4	160	Colocar instrucciones de uso del aparato de sellado y brindar capacitaciones	Trabajador a cargo del proceso	Capacitar a los encargados y controlar los tiempos de sellado
Peso	Ineficiente muestreo de alimento en el área de pesado	Excedentes de alimento en la entrega del producto final	Incorrecto proceso de pesado de los sacos de producto final	Ninguna	6	4	8	192	Estandarizar procesos para reducir el margen de error en el pesado final	Trabajador a cargo del proceso	Definir un intervalo de aceptación de pesos en los sacos

Fig. 10 Matriz AMFE

La tercera herramienta desarrollada es el DEMAIC Six Sigma, la cual orienta la mejora continua a encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos de la empresa, dando prioridad a los aspectos de importancia para el cliente. En las siguientes Figuras se plasmaron los Análisis Six Sigma de cada causa raíz, dando énfasis a los valores Z y Cpk a largo plazo (Ppk) de los estados Actual y Mejora, así como conocer su variación conforme a los datos históricos y sus mejoras, además de los Límites de Especificación Inferior (LEI) y Superior (LES) planteados y, el Objetivo requerido. Dichas Figuras se complementan con su Figura DEMAIC correspondiente para la evaluación y seguimiento de la optimización futura.

Para la falta de un plan de mantenimiento (CR 1), se planteó un LEI de 10, un LES de 12, y un objetivo de 12, esto medido en número de mantenimientos realizados por mes. Se muestra un nivel Z actual de -2.43, y con la propuesta de mejora, el valor aumentaría a un nivel Z de 0.90. El Cpk a largo plazo (Ppk) aumenta de -0.81 a 0.30.

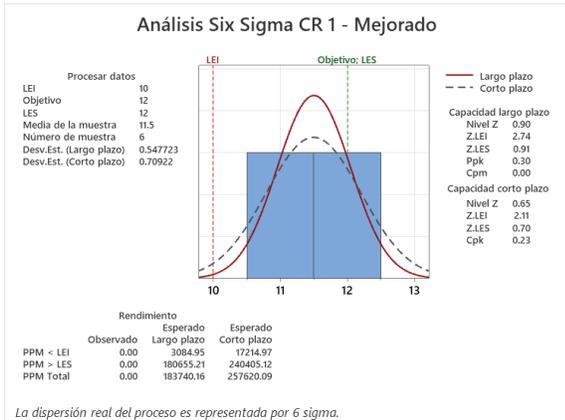
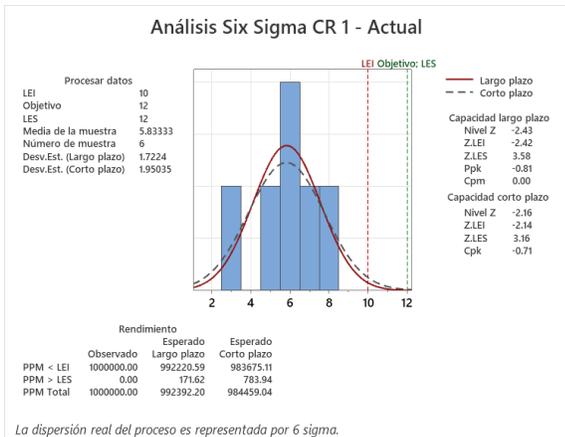


Fig. 11 Análisis Six Sigma Actual y Mejorado - CR 1

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir) (define)	Paradas por fallas técnicas en las máquinas
	Retrasos en el proceso productivo
M (medir) (measure)	Falta de mantenimientos preventivos
	Retrasos en la entrega del producto final
A (analizar) (analyze)	Contabilizar el número de mantenimientos realizados de los programados
	Determinar el proceso de desempeño de las máquinas
I (mejorar) (improve)	Planear y medir el rendimiento en tiempos
	Contabilizar las pérdidas monetarias provenientes de las horas improductivas
C (controlar) (control)	Diagrama de Ishikawa
	Histogramas de Frecuencias
I (mejorar) (improve)	Diagrama de Pareto
	Gráficos de Control
C (controlar) (control)	Capacidad de Procesos
	Realizar inspecciones periódicas y verificar el cumplimiento de los mantenimientos
I (mejorar) (improve)	Dar capacitación a los trabajadores para mantener orden y control del almacén
	Colocar instructivos de uso del aparato de sellado y brindar capacitaciones
C (controlar) (control)	Estandarizar procesos para reducir el margen de error en el pesado final
	Cumplir con los mantenimientos programados para cada máquina
I (mejorar) (improve)	Documentar las fallas que se presenten y sus respectivos mantenimientos
	Informar oportunamente si se observan indicios de fallas
C (controlar) (control)	Inspección constante a las máquinas

Fig. 12 DEMAIC - CR 1

Para la falta de un control de materia prima almacenada (CR 2), se planteó un LEI de 0, un LES de 30 y un objetivo de 15, esto medido en Kilogramos de maíz descartado por mes.

Se muestra un nivel Z actual de -5.99, y con la propuesta de mejora, el valor aumentaría a un nivel Z de 2.19. El Cpk a largo plazo (Ppk) aumenta de -2.00 a 0.76.

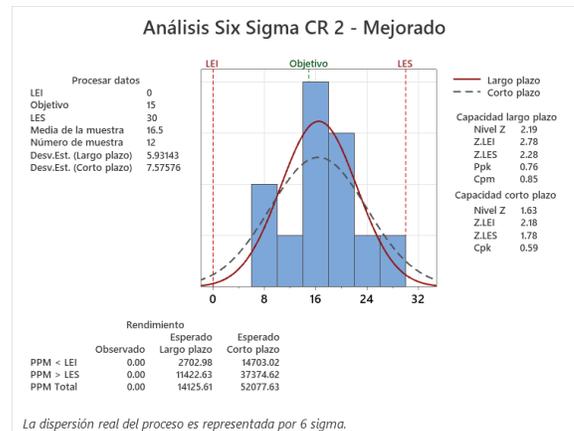
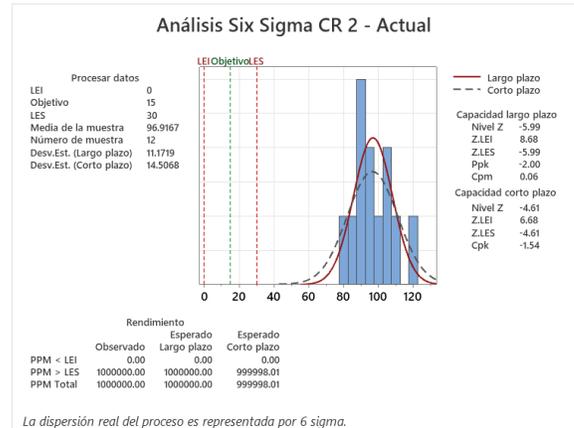


Fig. 13 Análisis Six Sigma Actual y Mejorado - CR 2

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir) (define)	Desperdicios de materia prima almacenada
	Falta de control en el almacén y de los inventarios
M (medir) (measure)	Área de almacén desordenado y con presencia de plagas
	Mal calidad en en el producto final
A (analizar) (analyze)	Revisar el área de almacén de maíz
	Separar el maíz en mal estado
I (mejorar) (improve)	Registrar los Kg de maíz desechados
	Contabilizar las pérdidas monetarias provenientes de los desperdicios de maíz
C (controlar) (control)	Diagrama de Ishikawa
	Histogramas de Frecuencias
I (mejorar) (improve)	Diagrama de Pareto
	Gráficos de Control
C (controlar) (control)	Capacidad de Procesos
	Realizar inspecciones periódicas y verificar el cumplimiento de los mantenimientos
I (mejorar) (improve)	Dar capacitación a los trabajadores para mantener orden y control del almacén
	Colocar instructivos de uso del aparato de sellado y brindar capacitaciones
C (controlar) (control)	Estandarizar procesos para reducir el margen de error en el pesado final
	Realizar inspecciones periódicas de la calidad de la materia prima almacenada
I (mejorar) (improve)	Mantener un registro actualizado del tiempo de antigüedad del maíz adquirido
	Actuar de forma inmediata si se observan indicios de plagas
C (controlar) (control)	Limpieza y ordenar el almacén de materia prima constantemente

Fig. 14 DEMAIC - CR 2

Para la falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado (CR 3), se planteó un LEI de 0, un LES de 6 y un objetivo de 3, esto medido en número de sacos mal sellados por día. Se muestra un nivel Z actual de -1.13, y con la propuesta de mejora, el valor aumentaría a un nivel Z de 1.41. El Cpk a largo plazo (Ppk) aumenta de -0.38 a 0.52.

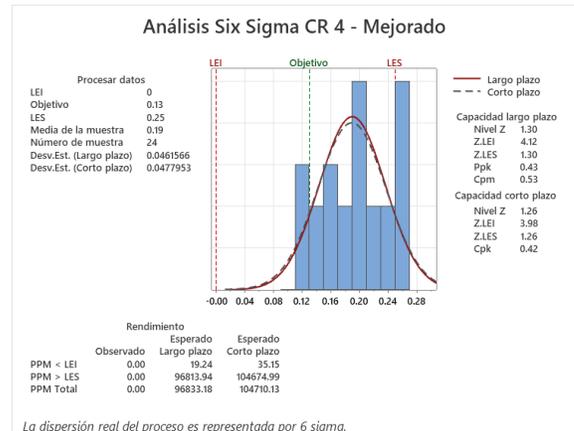
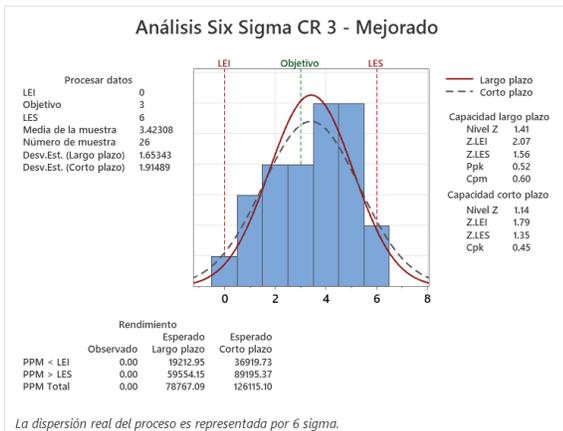
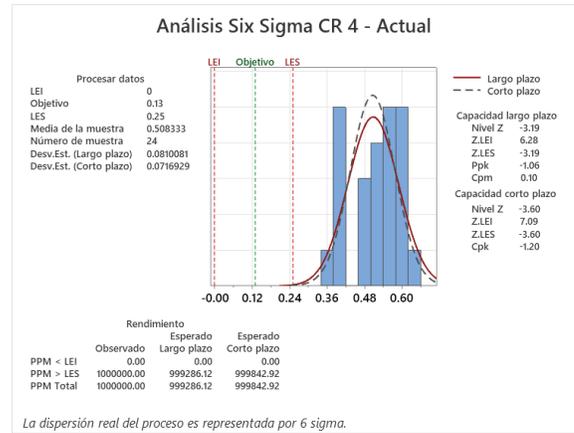
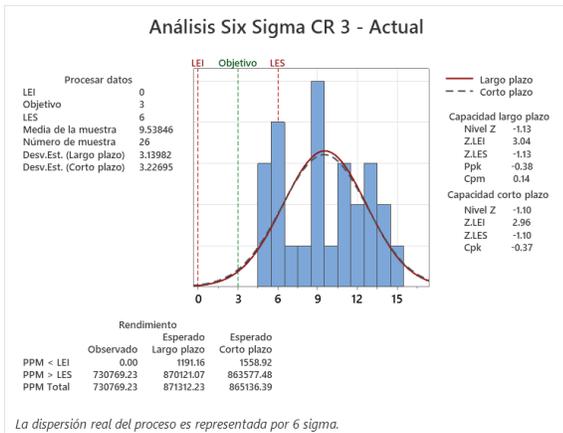


Fig. 15 Análisis Six Sigma Actual y Mejorado - CR 3

Fig. 17 Análisis Six Sigma Actual y Mejorado - CR 4

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir) (define)	Desperdicios de materiales usados en el sellado
	Demoras en la entrega del producto final
	Desorden y desorientación de las acciones de cada trabajador
	Pérdidas de tiempo al realizar el proceso de sellado reiteradas veces
M (medir) (measure)	Registrar tiempos de las demoras en cada reproceso de sellado
	Observar el desempeño de los trabajadores al sellar los sacos
	Tomar nota de la cantidad de sacos mal sellados en cada jornada de trabajo
A (analizar) (analyze)	Contabilizar las pérdidas monetarias provenientes de los reprocesos de sellado
	Diagrama de Ishikawa
	Histogramas de Frecuencias
	Diagrama de Pareto
	Gráficos de Control
I (mejorar) (improve)	Capacidad de Procesos
	Realizar inspecciones periódicas y verificar el cumplimiento de los mantenimientos
	Dar capacitación a los trabajadores para mantener orden y control del almacén
	Colocar instructivos de uso del aparato de sellado y brindar capacitaciones
C (controlar) (control)	Estandarizar procesos para reducir el margen de error en el pesado final
	Realizar inspecciones periódicas a los operarios en el proceso de sellado
	Brindar capacitaciones a los nuevos trabajadores
	Verificar la calidad del sellado de los sacos antes de la entrega
	Mantener el área de sellado organizado y ordenado

Fig. 16 DEMAIC - CR 3

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (definir) (define)	Pesos excedentes de producto final en las entregas
	Desperdicios innecesarios de producto final
	Malos procedimientos de los operarios en el área de pesado
	Desorden en el área de pesado y balanza en mala posición
M (medir) (measure)	Registrar los Kg de alimento excedente en cada saco por entregar
	Observar el desempeño de los trabajadores al pesar los sacos
	Inspeccionar el orden del área y la posición correcta de la balanza
	Contabilizar las pérdidas monetarias provenientes de los Kg excedentes
A (analizar) (analyze)	Diagrama de Ishikawa
	Histogramas de Frecuencias
	Diagrama de Pareto
	Gráficos de Control
	Capacidad de Procesos
I (mejorar) (improve)	Realizar inspecciones periódicas y verificar el cumplimiento de los mantenimientos
	Dar capacitación a los trabajadores para mantener orden y control del almacén
	Colocar instructivos de uso del aparato de sellado y brindar capacitaciones
	Estandarizar procesos para reducir el margen de error en el pesado final
C (controlar) (control)	Observar continuamente el proceso de los trabajadores
	Brindar capacitaciones a los nuevos trabajadores
	Verificar correctamente el pesado de los sacos
	Mantener la organización del área y la base de la balanza

Fig. 18 DEMAIC - CR 4

Para la falta de correcto proceso de pesado de los sacos (CR 4), se planteó un LEI de 0, un LES de 0.25 y un objetivo de 0.13, esto medido en Kilogramos de alimento balanceado excedente por saco entregado al cliente final. Se muestra un nivel Z actual de -3.19, y con la propuesta de mejora, el valor aumentaría a un nivel Z de 1.30. El Cpk a largo plazo (Ppk) aumenta de -1.06 a 0.43.

Con toda la propuesta de mejora planteada con el uso de las herramientas de calidad que brindan a las cuatro causas raíz una solución, se calcularon las inversiones para la implementación de cada una. En la Tabla III se muestran los montos totales de inversión para las herramientas QFD, AMFE y DEMAIC Six Sigma, y tomando en cuenta también un Plan de capacitación requerido para los trabajadores en cada área de trabajo estudiada.

TABLA III
RESUMEN DE INVERSION TOTAL

Inversión total de la propuesta			
Nº	Herramienta		Costo anual (S/.)
1	Casa de calidad (QFD)	S/	6,410.00
2	AMFE	S/	6,410.00
3	DEMAIC Six Sigma	S/	8,410.00
4	Plan de capacitación	S/	7,730.00
Total			S/ 28,960.00

En la Tabla IV se muestran los materiales que cargan consigo una depreciación al paso de los años, y con respecto a su vida útil, deberá hacerse una reinversión, como se especifica en la Tabla V.

TABLA IV
DEPRECIACIONES

Depreciaciones			
Descripción	Vida Útil (AÑOS)		Depreciación (S/.)
Laptop	4	S/	218.75
Escritorio	8	S/	6.25
Impresora Multifuncional	4	S/	55.00
Silla de oficina	8	S/	3.13
Estante metálico 4 niveles	8	S/	4.69
Total (MES)			S/ 287.81
Total (AÑO)			S/ 3,453.75

TABLA V
RESUMEN DE REINVERSIONES

Reinversiones			
Años			Costo (S/.)
4	S/		13,140.00
8	S/		14,490.00
Total	S/		27,630.00

Se estableció el Estado de resultados en Fig. 19, teniendo en cuenta que el ítem Ingresos del periodo 1 (Beneficio de S/. 36,603.58) proviene de la diferencia del total de Pérdidas del estado actual (S/. 61,522.30) y el total de Pérdidas del estado con mejora (S/. 24,918.72). A este Ingreso, se le restan los Costos operativos, la Depreciación de activos y el GAV (10%), y por consiguiente los Impuestos (30%), dándonos como resultado la Utilidad después de impuestos.

ESTADO DE RESULTADOS											
ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	S/ 36,603.58	S/ 38,433.76	S/ 40,355.45	S/ 42,277.22	S/ 44,199.00	S/ 46,120.77	S/ 48,042.54	S/ 49,964.31	S/ 51,886.08	S/ 53,807.85	S/ 55,729.62
Costos operativos	S/ 6,000.00	S/ 6,252.00	S/ 6,504.00	S/ 6,756.00	S/ 7,008.00	S/ 7,260.00	S/ 7,512.00	S/ 7,764.00	S/ 8,016.00	S/ 8,268.00	S/ 8,520.00
Depreciación activos	S/ 3,453.75										
GAV	S/ 650.00	S/ 682.00	S/ 714.00	S/ 746.00	S/ 778.00	S/ 810.00	S/ 842.00	S/ 874.00	S/ 906.00	S/ 938.00	S/ 970.00
Utilidad antes de impuestos	S/ 25,999.83	S/ 27,477.01	S/ 28,954.19	S/ 30,431.37	S/ 31,908.55	S/ 33,385.73	S/ 34,862.91	S/ 36,340.09	S/ 37,817.27	S/ 39,294.45	S/ 40,771.63
Impuestos 30%	S/ 7,799.95	S/ 8,241.00	S/ 8,682.05	S/ 9,123.10	S/ 9,564.15	S/ 10,005.20	S/ 10,446.25	S/ 10,887.30	S/ 11,328.35	S/ 11,769.40	S/ 12,210.45
Utilidad después de impuestos	S/ 18,199.88	S/ 19,236.01	S/ 20,272.14	S/ 21,308.27	S/ 22,344.40	S/ 23,380.53	S/ 24,416.66	S/ 25,452.79	S/ 26,488.92	S/ 27,525.05	S/ 28,561.18

Fig. 19 Estado de resultados

Para el Flujo de caja en la Fig. 20 se planteó una proyección de 10 años, siendo el Total el resultado de la suma de la Utilidad después de impuestos más la Depreciación, menos la Inversión (que contiene las reinversiones en el año 4 y 8, plasmados en el cuadro).

FLUJO DE CASH											
ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilidad después de impuestos	S/ 18,199.88	S/ 19,236.01	S/ 20,272.14	S/ 21,308.27	S/ 22,344.40	S/ 23,380.53	S/ 24,416.66	S/ 25,452.79	S/ 26,488.92	S/ 27,525.05	S/ 28,561.18
Depreciación	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75	S/ 3,453.75
Inversión	S/ 28,960.00	S/ 21,683.63	S/ 22,684.31	S/ 23,685.00	S/ 24,685.68	S/ 25,686.37	S/ 26,687.05	S/ 27,687.74	S/ 28,688.42	S/ 29,689.11	S/ 30,689.79
Total	S/ 12,693.63	S/ 11,006.15	S/ 9,840.99	S/ 8,675.83	S/ 7,510.67	S/ 6,345.51	S/ 5,180.35	S/ 4,015.19	S/ 2,850.03	S/ 1,684.87	S/ 539.71

Fig. 20 Flujo de caja

De este modo, se tiene el resumen del Análisis Financiero y sus Indicadores en la Tabla VI. Teniendo en cuenta un Costo de Oportunidad (COK) del 20%, se calculó un Valor Neto Actual positivo de S/. 66,967.49, una Tasa de Retorno Interna óptima del 75.33% y un Periodo de Recuperación de Inversión de 3 años. Queda claro que la propuesta de mejora es viable.

TABLA VI
ANÁLISIS FINANCIERO

INDICADORES FINANCIEROS		
VAN	S/	66,967.49
TIR		75.33%
PRI		3.0 años

III. RESULTADOS

Se determinan cuatro causas raíz causantes de los altos costos operacionales y los problemas de cada área de la empresa estudiada: falta de un plan de mantenimiento, falta de un control de materia prima almacenada, falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado, falta de un correcto proceso de pesado de los sacos.

Después de un exhaustivo y detallado análisis la fase metodológica, con la aplicación de las herramientas de control estadístico y gestión de la calidad, se logra sintetizar en la Tabla VII los resultados obtenidos en los conceptos de Pérdidas monetarias, Capacidad de procesos (Cpk) y Nivel Z, en las fases actual y mejora.

TABLA VII
RESUMEN DE RESULTADOS

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	ACTUAL			MEJORA		
			Pérdida 1	Cpk	Z	Pérdida 2	Cpk	Z
CR 1	Falta de un plan de mantenimiento	Nº de mantenimientos realizados del total de programados	S/ 43,437.06	-0.81	-2.43	S/ 18,615.88	0.30	0.90
CR 2	Falta de un control de materia prima almacenada	Kg de materia prima descartada para la producción	S/ 1,895.69	-2.00	-5.99	S/ 322.74	0.76	2.19
CR 3	Falta de un procedimiento adecuado en el área de sellado	Nº de sacos mal sellados del total de sacos producidos	S/ 4,770.35	-0.38	-1.13	S/ 1,711.94	0.52	1.41
CR 4	Falta de un correcto proceso de pesado de los sacos	Kg de alimento excedente en cada saco envasado	S/ 11,419.20	-1.06	-3.19	S/ 4,268.16	0.43	1.30
Total			S/ 61,522.30			S/ 24,918.72		

La suma de toda la pérdida anual en la fase actual (pérdida 1), disminuye en S/. 36,603.58 con respecto a la fase de mejora (pérdida 2), lo que representa una mejora en la situación económica de la empresa. Además, el Cpk en cada causa raíz aumenta significativamente, puesto que, en la fase actual, eran valores negativos, mostrando así una mejora en el proceso productivo de la organización y el funcionamiento de los indicadores con valores óptimos, y de la misma manera con el nivel Z.

IV. DISCUSIONES

Las pérdidas monetarias por cada causa raíz en la Tabla VII, están representadas en un solo periodo de tiempo (anual), puesto que los valores en la Tabla II estaban en periodos de tiempo diferentes, ya que la naturaleza de cada registro es distinta, y ni la empresa ni investigaciones daban suficientes datos históricos, reflejando así la falta de control en sus procesos en general.

Agregando, se puede ver que tanto en la Tabla II como en la Tabla VII, la causa raíz “falta de un plan de mantenimiento”, aun estando la Pérdida monetaria en la fase de mejora, el monto es bastante alto con relación al resto de causas raíz presentes, debido a que el costo de la producción perdida hace que este valor de dinero sea considerablemente alto. La referencia [20] señala que es recomendable implementar en cualquier propuesta de mejora el mantenimiento preventivo, pues esta gestión permite que la empresa disminuya la pérdida de servicios, producción, clientes y dinero, como lo es en el caso del molino de estudio.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que las causas raíz encontradas son las que generan mayores costos productivos indebidos en la empresa, siendo las que generan los problemas en todas las diferentes áreas del proceso productivo, las cuales en síntesis comprenden la maquinaria, el almacén y el despacho.

Asimismo, las pérdidas que generan las cuatro causas raíz son disminuidas en un 59.5%, es decir un monto de S/. 36,603.58 al año, pues gracias a que se definió una propuesta viable en aspectos de metodología y economía, se puede afirmar que las herramientas de ingeniería y gestión de la calidad que ayudaron a hacer posible esta mejora, como lo son los Diagramas de diagnóstico, la Estadística descriptiva, el QFD, AMFE, DEMAIC Six Sigma y el Análisis financiero; pues brindan abundante conocimiento para entender el por qué una entidad puede estar teniendo problemas como los estudiados en el presente trabajo, y además, poder darles una solución matemáticamente exacta y metodológica en base a una profunda investigación.

REFERENCIAS

- [1] N. A. Panayiotou, K. E. Stergiou, and V. Chronopoulos, “Implementing a Lean Six Sigma standardized toolset in a manufacturing company: a case study,” *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 71, no. 4, pp. 1164–1187, Jan. 2022, doi: 10.1108/IJPPM-08-2020-0423.
- [2] M. A. Carmona-Calvo, E. M. Suárez, A. Calvo-Mora, and R. Perriñez-Cristóbal, “Sistemas de gestión de la calidad: un estudio en empresas del sur de España y norte de Marruecos,” *European Research on Management and Business Economics*, vol. 22, no. 1, pp. 8–16, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.IEED.2015.10.001.
- [3] M. A. Rodríguez-Alza, M. A. Cabello-Solórzano, and L. C. Lino-Tejeda, “Propuesta de mejora para reducir el exceso de abastecimiento en el área de almacenamiento de la empresa Bon Beef S.A.C. Trujillo, 2022,” *Proceedings of the 2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development*, vol. 2022-December, no. 1, Aug. 2022, doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.157.
- [4] M. Geovanny, M. Sotomayor, A. Fabiola, and T. Alvarado, “Diseño de proceso para el mejoramiento de la productividad en una empresa de elaboración de pan,” 2021. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21364>
- [5] B. Delgado *et al.*, “EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS THE ISHIKAWA DIAGRAM AS A QUALITY TOOL IN EDUCATION. A REVIEW OF THE LAST 7 YEARS: LITERATURE REVIEW,” no. 84, pp. 1212–1230.
- [6] L. F. Agudelo Agudelo and W. Y. Pulgarín Montoya, “Importancia de los indicadores de gestión en una empresa y análisis de un caso práctico,” Mar. 23, 2021. <https://hdl.handle.net/10901/23251>
- [7] H. Gutiérrez Pulido and R. de la Vara Salazar, *Control estadístico de calidad y seis sigma*, 2nd ed. México: Mc Graw Hill, 2009. <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- [8] M. E. Rendón-Macías, M. Á. Villasís-Keeve, and M. G. Miranda-Novales, “Estadística descriptiva,” *Rev Alerg Mex*, vol. 63, no. 4, pp. 397–407, 2016. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009>
- [9] Á. M. Gutiérrez Álvarez, Y. L. Babativa, and I. Lozano, “Presentación de datos,” *Revista Ciencias de la Salud*, vol. 2, no. 1, pp. 65–73, 2004. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56220111>
- [10] S. Pértega Díaz and S. Pita Fernández, “La distribución normal,” *Cadernos de atención primaria, ISSN-e 1134-3583, Vol. 8, N.º. 4, 2001, págs. 268-274*, vol. 8, no. 4, pp. 268–274, 2001. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2331427>
- [11] P. Moya Fernández, E. Álvarez-Verdejo, and F. J. Blanco-Encomienda, “Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa,” *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, vol. 31, pp. 128–143, Jun. 2006, doi: 10.46661/REVMETODOSCUANTECONEMPRESA.4307.
- [12] E. S. Olaya Escobar, C. J. Cortes Rodríguez, and Ó. G. Duarte Velasco, “Despliegue de Función de Calidad (QFD) apoyado mediante técnicas difusas: Caso prótesis mioeléctrica de mano,” *Ingeniería e Investigación*, vol. 25, no. 2, pp. 4–14, 2005. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325202>
- [13] A. L. Paque Salazar, D. Licht Ardila, and T. Castilla Peñate, “Mejora en el proceso de trilla para reducción del exceso de arroz partido en la empresa Molino XYZ,” *El Hombre y la Máquina*, no. 46, pp. 33–41, 2015. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47843368005>
- [14] H. Felizzola, A. Hualpa Zuñiga, C. Londoño, J. Rativa, and M. Cortes, “Aplicación de Seis Sigma para la Reducción de Defectos en la Fabricación de Muebles de Madera en una PYME,” *Dirección y Organización*, vol. 81, pp. 52–68, Dec. 2023, doi: 10.37610/dyo.v0i81.652.
- [15] U. Patel and S. Kumar, “The Use of DMAIC to Improve Quality Vaccination Recommendations in Chain Community Pharmacies,” *Perspect Health Inf Manag*, vol. 19, p. 1d, Jan. 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9013227/>
- [16] M. A. Collado Carbajal and J. M. Rivera Raffo, “Mejora de la productividad mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz,” Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/3261>
- [17] V. Irrazabal Malljo, “Aplicación del análisis e interpretación de los estados financieros y su incidencia para la toma de decisiones en una empresa de transporte urbano de Lima metropolitana en el período 2015,” Tesis, Universidad Ricardo Palma, Lima, 2018. Accessed: Oct. 06, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1464>
- [18] P. Lledo, “Comparación entre distintos Criterios de decisión (VAN, TIR y PRI),” 2007. <https://pablolledo.com/content/articulos/03-03-07-Criterios-decision-Lledo.PDF>
- [19] J. F. Gálvez Peralta and J. L. Silva López, “Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para reducir los costos en la empresa Molino El Cortijo S. A. C. – Trujillo,” Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2015. <https://hdl.handle.net/11537/6369>
- [20] B. M. Pulido Valle and P. J. Ullauri Aranda, “Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y mantenimiento para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo, 2020,” Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2020. <https://hdl.handle.net/11537/25261>
- [21] S. O. Iparraguirre Celis and N. Y. A. Lucar Romero, “Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para reducir los costos operativos de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2020,” Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2022. <https://hdl.handle.net/11537/30741>
- [22] W. J. I. Cotrina Diaz and K. M. Goicochea Salazar, “Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2022,” Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2022. <https://hdl.handle.net/11537/31623>