

Application of quality tools to reduce costs in the production process of an agribusiness and charcoal marketing company in Trujillo, 2024

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Bryan Anthonny Bacilio-Ibañez, estudiante Ingeniería Industrial¹, Giovanni Junior Pumayalla-Hurtado, estudiante de Ingeniería Industrial¹
Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00298667@upn.pe, n00287536@upn.pe

Abstract– The purpose of this study was to determine the impact of the proposed quality management improvement on reducing costs in the production process of a charcoal agroindustry in Trujillo, Peru. A preliminary diagnosis of the company's production process using an Ishikawa diagram revealed four root causes of high production costs: lack of production line supervision, lack of employee training, lack of machinery maintenance, and lack of raw material supply management. To address these issues, tools such as Quality Function Deployment (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), and DMAIC Six Sigma were used. The improvement proposal had a significant impact, increasing the company's profitability, reducing production costs, improving operator training, preventing production stoppages, and enhancing the quality of the charcoal production and distribution process. The viability of the improvement proposal was supported by an economic evaluation, resulting in a Net Present Value (NPV) of S/ 74,861.86, an Internal Rate of Return (IRR) of 38%, and a Payback Period of 2.7 years, equivalent to 3 years. We conclude that implementing this production process improvement proposal will bring great benefits to the company, increasing efficiency, quality, and profits.

Keywords– QFD, FMEA, Six Sigma, quality, profitability.

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

Aplicación de herramientas de la calidad para reducir costos en el proceso productivo de una empresa de agroindustria y comercialización de carbón vegetal en Trujillo, 2024

Application of quality tools to reduce costs in the production process of an agribusiness and charcoal marketing company in Trujillo, 2024

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Bryan Anthonny Bacilio-Ibañez, estudiante Ingeniería Industrial¹, Giovanni Junior Pumayalla-Hurtado, estudiante de Ingeniería Industrial¹
Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00298667@upn.pe, n00287536@upn.pe

Resumen– El propósito de este estudio fue determinar el impacto de la mejora propuesta en la gestión de la calidad para reducir costos en el proceso productivo de una agroindustria de carbón vegetal en Trujillo, Perú. Un diagnóstico preliminar del proceso productivo de la empresa a través del diagrama de Ishikawa reveló cuatro causas fundamentales de los altos costos de producción: falta de supervisión de la línea de producción, falta de capacitación de los empleados, falta de mantenimiento de la maquinaria y falta de gestión en el suministro de materia prima. Para solucionar estos problemas se utilizaron herramientas como: Casa de calidad (QFD), análisis de modos de fallos y efectos (AMFE), DMAIC Six sigma. La propuesta de mejora tuvo un impacto significativo, aumentando la rentabilidad de la empresa, reduciendo los costos de producción, mejorando la formación de los operadores, evitando paradas de producción y mejorando la calidad del proceso de producción y distribución de carbón vegetal. Se respaldó la viabilidad de la propuesta de mejora con una evaluación económica obteniendo como resultado un VAN de S/ 74,861.86, una TIR del 38% y un PRI de 2.7 años, equivalente a 3 años. Concluimos que, al implementar esta propuesta de mejora del proceso productivo, traerá grandes beneficios a la empresa, aumentando la eficiencia, la calidad y las ganancias.

Palabras clave– QFD, AMFE, Six Sigma, calidad, rentabilidad.

Abstract– The purpose of this study was to determine the impact of the proposed quality management improvement on reducing costs in the production process of a charcoal agroindustry in Trujillo, Peru. A preliminary diagnosis of the company's production process using an Ishikawa diagram revealed four root causes of high production costs: lack of production line supervision, lack of employee training, lack of machinery maintenance, and lack of raw material supply management. To address these issues, tools such as Quality Function Deployment (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), and DMAIC Six Sigma were used. The improvement proposal had a significant impact, increasing the company's profitability, reducing production costs, improving operator training, preventing production stoppages, and enhancing the quality of the charcoal production and distribution process. The viability of the improvement proposal was supported by an economic evaluation, resulting in a Net Present Value (NPV) of S/ 74,861.86, an Internal Rate of Return (IRR) of 38%, and a Payback Period of 2.7 years, equivalent to 3 years. We conclude that implementing this

production process improvement proposal will bring great benefits to the company, increasing efficiency, quality, and profits.

Keywords– QFD, FMEA, Six Sigma, quality, profitability.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio es determinar una propuesta de aplicación de herramientas de gestión de calidad para reducir los costos operativos. Con este objetivo, realizamos una evaluación, donde se indica el cálculo de pérdida económica de las causas raíz principales encontradas en la empresa. Basándose en las metodologías de la ingeniería industrial, se busca implementar mejoras que aseguren la correcta fabricación del producto y maximicen la utilidad.

Es importante destacar la relevancia de la gestión de calidad en estos sectores, ya que consiste en un conjunto de normas, procesos y procedimientos necesarios para la planificación y ejecución de la actividad principal de la compañía [1].

En el entorno actual, las organizaciones deben ofrecer productos y servicios de alta calidad para mantenerse competitivas en un mercado en constante cambio. Por lo tanto, la gestión de la calidad se convierte en un aspecto esencial de la administración organizacional [2].

Es fundamental realizar una adecuada planificación, gestión y control del proyecto para garantizar un óptimo aseguramiento y control de la calidad, lo que a su vez genera confianza y satisfacción en el cliente [3].

Se utilizaron diversos diagramas para identificar los problemas principales y determinar sus causas raíz que afectan a la empresa. El diagrama de Ishikawa fue una herramienta fundamental para poder detectar las causas primordiales [4].

El diagrama de Pareto ayudo a determinar el problema principal de las causas raíz, este diagrama se fundamenta en el principio de que un número reducido de causas (el 20%) generalmente genera la mayoría de los efectos observados (el 80%) [5]. Los análisis de frecuencia e histogramas fueron herramientas necesarias para visualizar la distribución de datos. Los gráficos de control permitieron visualizar el comportamiento de los procesos. mediante los gráficos de control, se puede percibir la detección de posibles desviaciones

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

o patrones inusuales, ayudando así a mantener la calidad y la consistencia del proceso [6].

El análisis de capacidad nos ayudó a visualizar las causas raíz a través de gráficos para visualizar las limitaciones y fortalezas de un proceso asegurando que cumpla con los estándares de calidad requeridos. Esto facilita optimizar la producción, reducir desperdicios y promover mejoras continuas, asegurando la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa en el proyecto [7].

La casa de calidad con el objetivo de mejorar el servicio dando prioridad los requerimientos de los clientes [8]. Al entender la opinión del cliente nos ayuda a mejorar la calidad del servicio. Para esto, utilizamos una herramienta conocida como QFD, que nos proporciona una comprensión más profunda de las necesidades y deseos del cliente. Esto nos permite identificar los aspectos que requieren atención para resolver cualquier problema que pueda surgir.

Para determinar las fallas en los procesos se usó la herramienta de Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE), que nos permite identificar las fallas, causas del fallo, el método de detección, la prioridad de riesgo, como la gravedad, frecuencia y detectabilidad [9].

Se implementó la metodología Lean Six Sigma, reconocida por su capacidad para ofrecer soluciones efectivas, siendo ampliamente utilizada por muchas organizaciones como enfoque de mejora continua [11], Acompañando a la herramienta Six sigma está el ciclo DMAIC con sus fases: Definir, Medir, Analizar, Optimizar y Controlar [12]. La mejora continua brindará optimización en los procesos, incremento de la calidad, para cumplir con las expectativas y necesidades de manera más efectiva [13].

El objetivo principal de este estudio es proponer la aplicación de herramientas de gestión de calidad para reducir los costos operativos en una empresa específica. Se llevará a cabo una evaluación detallada para calcular las pérdidas económicas relacionadas con las causas raíz identificadas. Basándose en metodologías de ingeniería industrial, se buscará implementar mejoras que aseguren la correcta fabricación del producto y maximicen la utilidad. La gestión de calidad juega un papel crucial en sectores industriales al garantizar normas, procesos y procedimientos que optimicen la planificación y ejecución de actividades empresariales. En un entorno competitivo y cambiante, estas prácticas son fundamentales para mantener la calidad de productos y servicios, asegurando la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa.

II. METODOLOGÍA

Por consiguiente, la tabla 1 muestra los procedimientos puestos en práctica en desarrollo de esta:

TABLA I
PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Etapa	Técnica	Descripción
Diagnóstico	Ishikawa	Determinar las causas fundamentales del problema general.
	Matriz de	Se ordenaron las causas raíz junto

	indicadores	con sus indicadores y se monetizaron.
	Diagrama de Pareto	Se priorizaron las causas de mayor a menor pérdida.
	Estadística descriptiva	Para cada indicador se ha desarrollado su propio gráfico de tendencia, de distribución y control estadístico.
Propuesta de mejora	QFD	Matriz para conocer los requerimientos del cliente y las características del producto.
	AMFE	Matriz para encontrar el nivel de prioridad de riesgo de fallas, sus causas y efectos.
	DMAIC Six Sigma	Metodología diseñada para mejorar procesos y reducir defectos.
Evaluación Económica	VAN, TIR, PRI	Estado de resultados y flujo de caja proyectados.

A. Diagnóstico de la empresa

En esta etapa de investigación se puede observar la herramienta Ishikawa, la cual permite identificar las causas raíz de la agroindustria que generan altos costos operacionales.

En la agroindustria se encontraron 4 causas raíz de problemas de gestión.

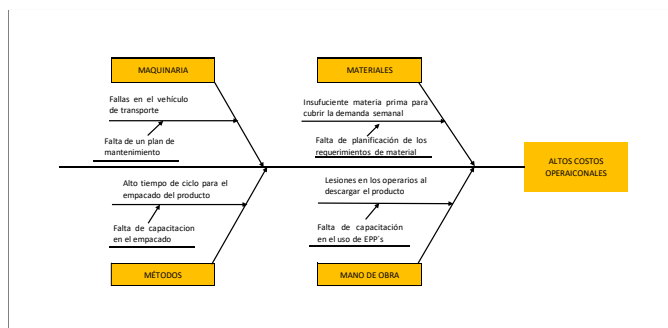


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa

Las causas raíz encontradas fueron debidamente monetizadas.

TABLA II
MONETIZACIÓN DE PÉRDIDAS

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDA ACTUAL
C-1	Falta de planificación de los requerimientos de material.	S/ 3,000.00
C-2	Falta de capacitación en el uso de equipos de protección personal	S/ 1,170.00
C-3	Falta de un plan de mantenimiento para el vehículo de transporte	S/ 2,070.00
C-4	Falta de capacitación en el empaquetado del producto	S/ 486.40
TOTAL		S/ 6,726.40

Luego de tener la monetización de cada una de las causas raíz, en la Tabla 2, se procedió a realizar al diagrama de Pareto

para identificar el % de cada causa raíz, así tener una mejor noción de que causas son las más influyentes.

TABLA III
DATOS PARA EL PARETO

CAUSA RAIZ	COSTO	Costo ACUMULADO	% Costo ACUMULADO	80 - 20	% N° de causas acumulado
C1 - FALTA DE PLANIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL.	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	45%	80%	25%
C3 - FALTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO DE TRANSPORTE.	S/ 2,070.00	S/ 5,070.00	75%	80%	50%
C2 - FALTA DE CAPACITACIÓN EN EL USO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL DURANTE LA OPERACIÓN DE ENTREGA DEL PRODUCTO	S/ 1,170.00	S/ 6,240.00	93%	80%	75%
C4 - FALTA DE CAPACITACIÓN EN EL EMPACADO DEL PRODUCTO.	S/ 486.40	S/ 6,726.40	100%	80%	100%
TOTAL	S/ 6,726.40				

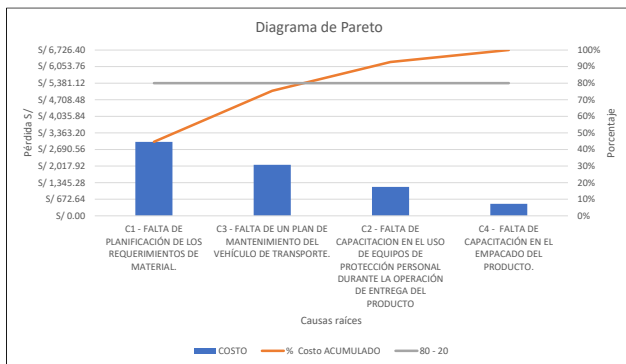


Fig. 2 Diagrama de Pareto

Se analizaron las causas de las principales pérdidas económicas para evaluar la baja rentabilidad. Los datos fueron evaluados, analizados y diagramados con una aplicación de estadística descriptiva, histogramas, gráficos de control, curva de distribución, cálculo de capacidad de proceso. Esta información fue procesada en Microsoft Office Excel y aplicada en Minitab.

TABLA IV
ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESO

CAUSA RAÍZ	DESCRIPCIÓN	Cp	Cpk
C-1	Falta de planificación de los requerimientos de material.	0.31	0.23
C-2	Falta de capacitación en el uso de equipos de protección personal	0.58	0.44
C-3	Falta de un plan de mantenimiento para el vehículo de transporte	0.32	0.23
C-4	Falta de capacitación en el empacado del producto	0.28	-0.04

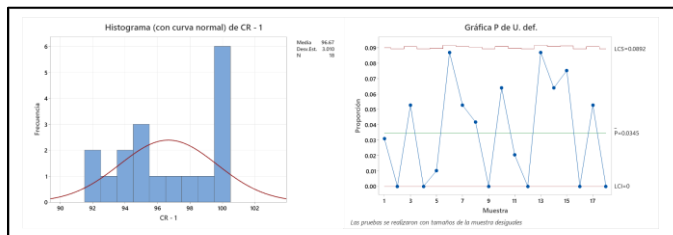


Fig. 3 Histograma y Gráfica de control P (CR-1, atributo)

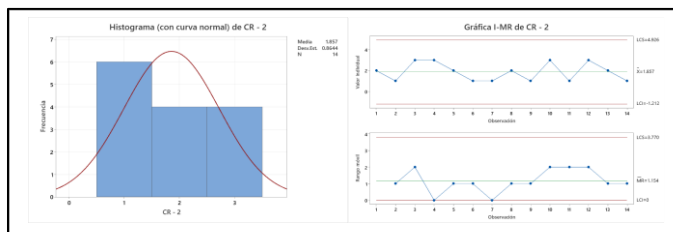


Fig. 4 Histograma y Gráfica de control MR (CR2; variable)

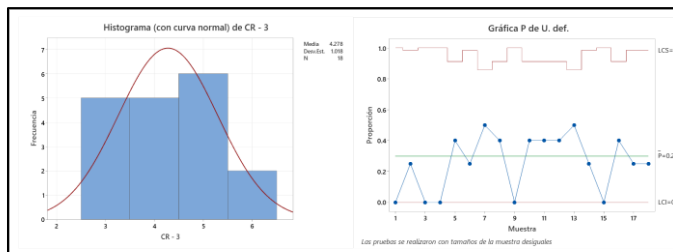


Fig. 5 Histograma y Gráfica de control U (CR-3, atributo)

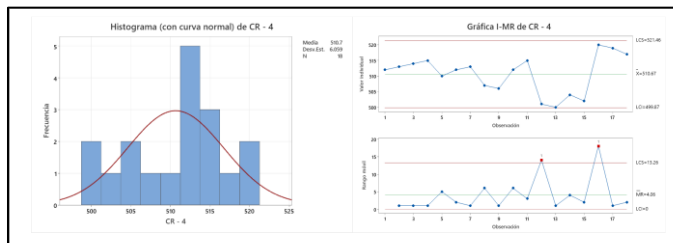


Fig. 6 Histograma y Gráfica de control MR (CR4; variable)

B. Solución propuesta

La solución propuesta consta principalmente de la aplicación de tres herramientas clave, estas son la casa de calidad (QFD), Análisis de modo de fallas y efecto (AMFE), y DMAIC Six sigma. Primero, se aplicó las herramientas QFD, con ello se identificó los requerimientos del cliente y requerimientos técnicos.

TABLA V
METODOLOGÍA DMAIC CR-1

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (DEFINIR)	Realizar entrevistas para tener conocimiento en la falta de planificación de materiales. Utilizar el Análisis FMEA para identificar posibles escenarios de fallo debido a la falta de planificación de materiales.
M (MEDIR)	Realizar encuestas a los clientes para obtener conocimiento sobre la calidad y la puntualidad de los materiales. Utilizar el análisis de desempeño de los proveedores para evaluar la precisión y la puntualidad de las entregas de materiales. Realizar un análisis detallado de los registros de inventario y los historiales de pedidos Realizar auditorías de procesos para identificar brechas en la planificación y la ejecución de la producción
A (ANALIZAR)	Utilizar técnicas de modelado predictivo para prever las necesidades de materiales y las interrupciones en la producción. Realizar análisis de causa raíz estructurado para identificar las falta de planificación de materiales, falta de capacitación del personal y errores en el pronóstico de la demanda. Emplear herramientas como el diagrama de espina de pescado (Ishikawa) para categorizar y visualizar las causas subyacentes de los problemas de planificación de materiales.
I (OPTIMIZAR)	Llevar a cabo un sistema de alerta para los equipos de producción y adquisiciones de posibles problemas de escasez o exceso de material. Mejorar la comunicación entre el departamento de producción y el de compras mediante reuniones regulares. Revisar y ajustar las políticas de inventario para mantener niveles óptimos de material basados en análisis de consumo y proyecciones de demanda.
C (CONTROLAR)	Establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) como el porcentaje de cumplimiento de pedidos sin retrasos por falta de material. Realizar revisiones periódicas del proceso de planificación de requerimientos de material para identificar desviaciones y tomar acciones correctivas si es necesario. Capacitar al personal involucrado en el nuevo proceso de planificación. Realizar auditorías regulares del proceso de planificación de requerimientos de material, para buena toma de decisiones.

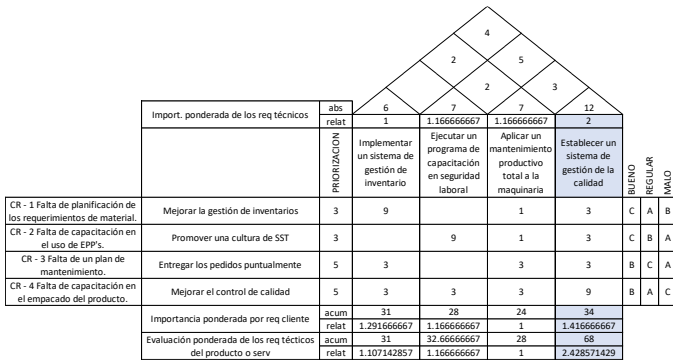


Fig. 7 QFD - Casita de calidad

El Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMFE), se identificó los fallos del proceso en la agroindustria. También, se determinó las causas y los efectos y el método de detección, a partir de esto, se determinó el NPR, identificando a los más relevantes, para poder reducirlos a través de acciones recomendadas con la finalidad de mejorar el proceso, satisfacción de los clientes y disminución de costos.

Proceso	Fallos potenciales		Condiciones existentes				Acciones y estados recomendados	Área responsable de la acción correctiva	Acción emprendida	Resultados					
	Modos de fallo	Efectos	Causas del modo de fallo	Método de detección	Frecuencia	N° Prioridad de riesgo (NPR)				Gravedad	Frecuencia	N° Prioridad de riesgo (NPR)			
Recepción e inspección de MP	Interrupción del proceso	La demanda del mes no se satisface	Falta de gestión de inventarios	Materia prima insuficiente	9	7	2	126	Implementar un sistema de gestión de inventarios	Área de Logística	MRP	5	4	4	80
Descarga del producto	Aumento en el tiempo de proceso	Retraso en el proceso productivo	Personal no utiliza EPPs durante la operación	Tiempo excesivo de operación	7	9	3	189	Ejecutar un programa de capacitación en seguridad ocupacional	Área de SST	Capacitación al operario	4	5	5	100
Distribución del producto a clientes	Parada del vehículo de transporte	Retraso en el proceso productivo	Falta de mantenimiento del vehículo de transporte	Número de paradas de máquina	8	7	3	168	Aplicar un mantenimiento productivo total a maquinaria y equipos	Área de mantenimiento	TPM (Mantenimiento autónomo)	5	3	5	75
Envasado del producto	Realización del proceso ineficiente	El peso del producto no es el indicado	Personal no capacitado para el proceso	Variación en el peso del producto	7	7	4	196	Capacitar al personal en el empaque del producto	RRHH	Capacitación al operario	4	4	6	96

Fig. 8 Análisis de Modo de Fallas y Efectos

La herramienta Six Sigma, permitió identificar la variabilidad de los datos recolectados de las variables y atributos de las causas determinadas. Se determinó el nivel Z para poder identificar las oportunidades de mejora que permitan alcanzar un nivel Six sigma, con la ayuda del ciclo DMAIC.

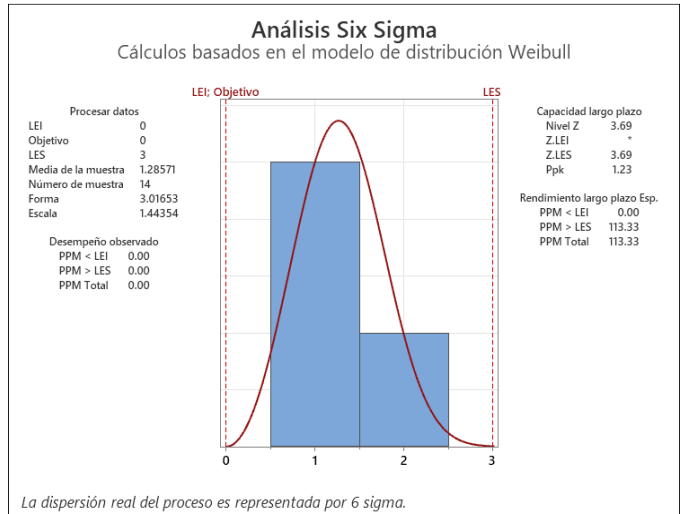


Fig. 10 Gráfica Six Sigma CR-2

TABLA VI
METODOLOGÍA DMAIC CR-2

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (DEFINIR)	Mejorar la capacitación en el uso de equipos de protección personal (EPP) durante la operación de entrega del producto. Identificar las brechas de capacitación actuales, desarrollar e implementar mejoras efectivas y establecer un sistema de seguimiento para mantener los estándares de capacitación.
M (MEDIR)	Recopilación de datos sobre incidentes relacionados con la seguridad debido a un uso inadecuado de EPP. Evaluar la efectividad de las capacitaciones continuas mediante encuestas y evaluaciones personales. Número de incidentes relacionados con la seguridad antes y después de la aplicación de las mejoras. Resultados de encuestas de imagen de satisfacción de los empleados y formación en equipos de protección personal.
A (ANALIZAR)	Analizar los datos recopilados para determinar la causa raíz de la falta de capacitación efectiva en el uso de equipos de protección personal. Analizar las causas de falta de recursos adecuados para la formación, contenidos de formación obsoletos o inadecuados, falta de seguimiento y refuerzo de las prácticas aprendidas. Análisis parético para identificar las causas raíz de los incidentes de seguridad. Diagrama de Ishikawa para identificar posibles causas y consecuencias.
I (OPTIMIZAR)	Aplicación de simulaciones de situaciones reales para practicar el uso correcto de equipos de protección personal. Evaluación y corrección continua del programa de formación en función de los empleados y los resultados de las métricas establecidas. Desarrollar nuevos programas de formación en EPI específico para operaciones de entrega de productos.
C (CONTROLAR)	Aplicación de simulaciones de situaciones reales para practicar el uso correcto de equipos de protección personal. Planificación de capacitaciones iniciales para todos los empleados involucrados en la entrega del producto. Evaluación y corrección continua del programa de formación en función de los empleados y los resultados de las métricas establecidas.

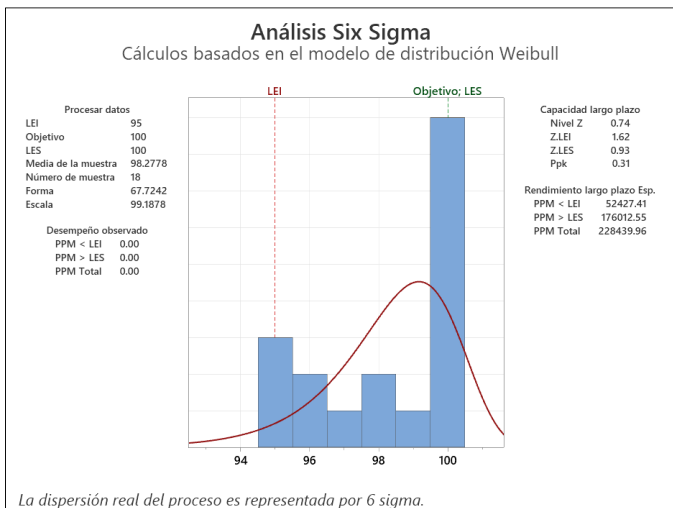


Fig. 9 Gráfica Six Sigma CR-1

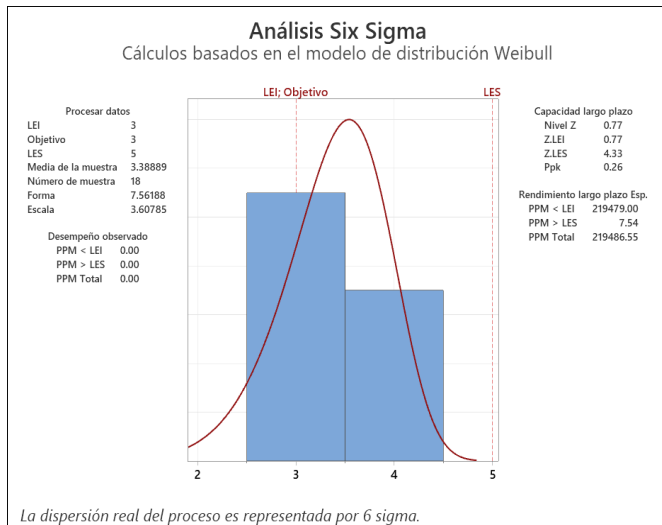


Fig. 11 Gráfica Six Sigma CR-3

TABLA VII
METODOLOGÍA DMAIC CR-3

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (DEFINIR)	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los vehículos de transporte.
	Mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos de mantenimiento y reparación.
M (MEDIR)	Número promedio de averías por vehículo por mes.
	Porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo en los últimos seis meses.
	Costo total de reparaciones no programadas por trimestre.
A (ANALIZAR)	Número promedio de averías por vehículo por mes.
	Identificar patrones de averías y tiempos de inactividad a partir de datos históricos.
	Obtener opiniones del personal de mantenimiento y operadores sobre los desafíos y necesidades percibidas
	Comparar prácticas de mantenimiento con empresas similares.
I (OPTIMIZAR)	Investigar factores como falta de lubricación, mantenimiento inadecuado de componentes y uso de piezas de baja calidad.
	Implementar programas de formación en procedimientos de mantenimiento adecuados.
	Desarrollar un plan detallado con cambios de aceite programados, inspecciones regulares y mantenimiento de componentes críticos.
C (CONTROLAR)	Probar el nuevo plan en una parte de la flota para evaluar su efectividad.
	Implementar medidas inmediatas ante desviaciones significativas en los KPIs (indicadores).
	Seguimiento de KPIs como número de averías, tiempos de inactividad, costos y disponibilidad de los vehículos.
	Evaluar y ajustar el plan de mantenimiento de forma regular para optimizar su efectividad.
	Realizar revisiones periódicas para asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo.

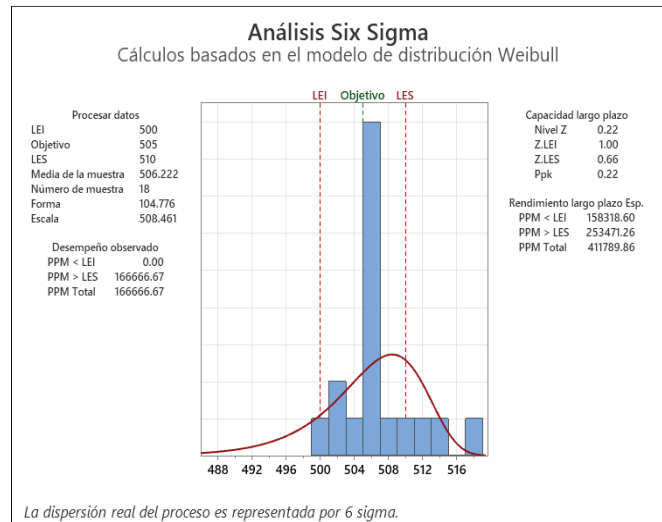


Fig. 12 Gráfica Six Sigma CR-4

TABLA VIII
METODOLOGÍA DMAIC CR-4

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D (DEFINIR)	Mejorar la calidad y eficiencia del empaque a través de un programa de capacitación efectivo.
	Identificar específicamente cómo la falta de capacitación afecta el empaque del producto.
M (MEDIR)	Recopilar datos sobre errores de empaque, tiempos de ciclo y retroalimentación del cliente.
	Realizar un porcentaje de errores de empaque, tiempo promedio de empaque, satisfacción del cliente con el empaque.
	Identificar áreas específicas donde se necesita capacitación adicional.
A (ANALIZAR)	Utilizar métodos como listas de verificación o registros de incidentes para recopilar datos precisos.
	Identificar las causas raíz de los errores de empaque.
	Realizar un diagrama de Ishikawa para entender los factores de causa y efecto que contribuyen a los errores.
	Evaluar las habilidades y conocimientos actuales del personal de empaque.
I (OPTIMIZAR)	Revisar los procedimientos de capacitación actuales y determinar las deficiencias.
	Implementar sesiones de capacitación estructuradas que aborden las áreas identificadas de mejora.
	Desarrollar un plan de capacitación detallado y específico para el personal de empaque.
C (CONTROLAR)	Introducir herramientas de soporte, como listas de verificación o procedimientos claros de empaque.
	Monitorizar continuamente los indicadores de rendimiento después de la implementación de la capacitación.
	Realizar auditorías periódicas del proceso de empaque para asegurar el cumplimiento de los nuevos estándares.
	Implementar sistemas de retroalimentación para que el personal pueda reportar problemas y sugerir mejoras.
	Ajustar el plan de capacitación según sea necesario para mantener mejoras sostenibles en el tiempo.

C. Evaluación Económica

Se realizó una evaluación económica de cada una de las herramientas propuestas. Se han creado presupuestos para tener en cuenta cada material empleado en cada herramienta propuesta y se obtuvo una inversión final.

TABLA IX
INVERSIÓN TOTAL DE LA PROPUESTA

Nº	Herramienta	Costo Anual (S/)
1	Casa de calidad (QFD)	S/ 22,000.00
2	AMFE	S/ 41,000.00
3	Six Sigma	S/ 39,000.00
Total		S/ 102,000.00

Para la evaluación que contiene estados de resultado y flujo de caja, se determinó un costo de oportunidad de 20% y una inversión determinada en la TABLA IX.

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estado de Resultados										
Recepciones	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00
Costos	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00	S/ 100,000.00
Utilidad antes de impuestos	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Impuestos	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Utilidad después de impuestos	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00

Fig. 13 Estado de resultados

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Flujo de Caja										
Estado de Resultados	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Depreciación	S/ 0.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00
Flujo Neto de Efectivo	S/ 0.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00
Flujo de Caja	S/ 0.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00	S/ 10,000.00

Fig. 14 Flujo de caja

Después de realizar el estado de resultados y el flujo de caja se realiza el cálculo de los indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa de Retorno Interno (TIR) y el Periodo de Recuperación de inversión (PRI).

TABLA X
INDICADORES ECONÓMICOS

VAN	S/ 74,861.86
TIR	38.00%
PRI	2.7 años

III. RESULTADOS

Se presentan los resultados del análisis estadístico, comparando la pérdida actual y mejorada de cada causa raíz.

TABLA XI
OPERACIONALIZACIÓN DE INDICADORES

CR	CAUSA	INDICADOR	INICIAL	MEJORA	S/ BENEFICIO
			S/ Pérdida	S/ Pérdida	
CR - 1	Falta de planificación de los requerimientos de material	N° de sacos en almacén	S/ 3,000.00	S/ 1,550.00	S/ 1,450.00
CR - 2	Falta de capacitación en el uso de EPP's durante la operación de entrega del producto	Horas extras requeridas	S/ 1,170.00	S/ 810.00	S/ 360.00
CR - 3	Falta de un plan de mantenimiento del vehículo de transporte.	N° de días de reparto	S/ 2,070.00	S/ 630.00	S/ 1,440.00
CR - 4	Falta de capacitación en el empaqueo del producto.	Peso Total Mensual (Kg)	S/ 486.40	S/ 182.40	S/ 304.00

A partir de los datos obtenidos, se graficó una comparación de los costos anuales y mejorados de cada una de las causas raíz. Además, se determinó el beneficio económico obtenido como resultado de la propuesta de mejora.

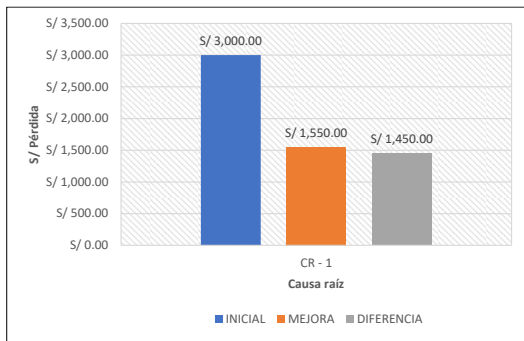


Fig. 15 Comparación y diferencia entre el VA y VM – CR1

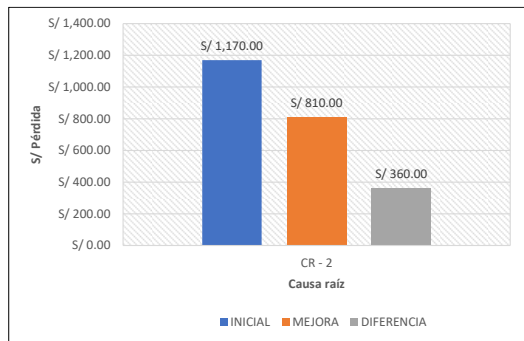


Fig. 16 Comparación y diferencia entre el VA y VM – CR2

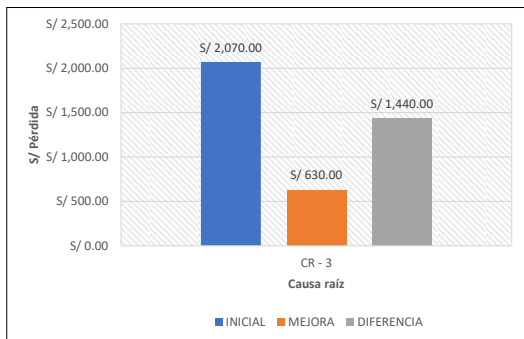


Fig. 17 Comparación y diferencia entre el VA y VM – CR3

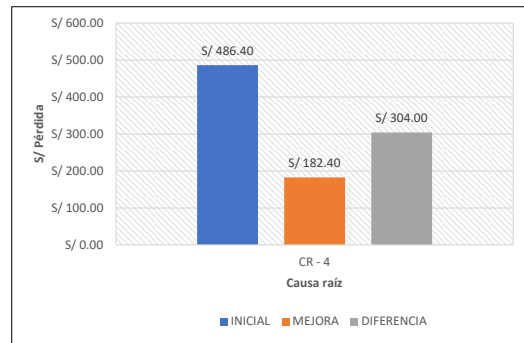


Fig. 18 Comparación y diferencia entre el VA y VM – CR3

En la TABLA XII se presenta la capacidad Six sigma, de todas las causas raíz, el cual se presentan la pérdida, Cpk y nivel Z, haciendo una comparación del actual y mejorado.

TABLA XII
COMPARACIÓN DE CAPACIDAD SIX SIGMA

CR	CAUSA	INDICADOR	INICIAL		MEJORA		S/ BENEFICIO
			S/ Pérdida	Cpk.1	S/ Pérdida	Cpk.2	
CR - 1	Falta de planificación de los requerimientos de material	N° de sacos en almacén	S/ 3,000.00	0.23	S/ 1,550.00	0.31	S/ 1,450.00
CR - 2	Falta de capacitación en el uso de EPP's durante la operación de entrega del producto	Horas extras requeridas	S/ 1,170.00	0.44	S/ 810.00	1.23	S/ 360.00
CR - 3	Falta de un plan de mantenimiento del vehículo de transporte.	N° de días de reparto	S/ 2,070.00	0.23	S/ 630.00	0.26	S/ 1,440.00
CR - 4	Falta de capacitación en el empaqueo del producto.	Peso Total Mensual (Kg)	S/ 486.40	-0.04	S/ 182.40	0.22	S/ 304.00

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación se identificaron las principales causas raíz (Fig. 1) que afectan los procesos. Falta de planificación de los requerimientos de material, falta de capacitación en el uso de equipos de protección personal, falta de un plan de mantenimiento y falta de capacitación en el empaqueo del producto.

La Tabla 12 muestra las capacidades reales de los indicadores de las causas raíz. La capacidad del indicador 1, número de sacos en almacén, mejoró de 0.23 a 0.31 gracias a la implementación de un sistema de alerta para los equipos de producción, la mejora en la comunicación entre los departamentos de producción y reuniones regulares [14].

La capacidad del indicador de la causa 2, horas extras requeridas, mejoró de 0.44 a 4.23 debido a la evaluación y corrección continua del programa de formación en función de los empleados, así como al desarrollo de nuevos programas de formación [15].

La capacidad del indicador de la causa 3, número de días de reparto, mejoró de 0.23 a 0.36 gracias al desarrollo de un plan detallado con cambios programados, inspecciones regulares y mantenimiento de componentes críticos. Además, se implementaron programas de formación adecuados en procedimientos de mantenimiento [16].

La capacidad del indicador de la causa raíz 4, peso total mensual, mejoró de -0.04 a 0.22 debido al introducir herramientas de soporte para mejorar la eficiencia durante el empaquetado, como implementar sesiones de capacitaciones y desarrollar un plan de capacitación detallado [17].

V. CONCLUSIONES

Se concluye que hay cuatro causas raíz que han estado afectando a la empresa, identificadas: falta de supervisión de la línea de producción, falta de capacitación de los empleados, falta de mantenimiento de la maquinaria y falta de gestión. Así mismos los costos de pérdida de estas son de S/ 3,000.00, S/ 1,170.00, S/ 2,070.00 y S/ 486.40.

Al analizar los problemas y proponer soluciones, se implementaron herramientas de mejora como la Casa de Calidad (QFD), Análisis de Modo de Fallos y Efectos (AMFE) y DMAIC, en conjunto con Lean Six Sigma. Estas medidas lograron reducir los costos operacionales de una agroindustria de comercialización de carbón vegetal. Después de aplicar estas herramientas, se observó una mejora en la pérdida económica de S/ 3,172.40, teniendo un beneficio de S/ 3,554.00 soles.

Se calculo el Valor Actual Neto (VAN) con un valor de S/ 74,861.86 soles, una Tasa Interno de Recuperación (TIR) de 38.00% y un periodo de Recuperación de inversión de 2.7 años, con lo que se concluye que la propuesta de mejora planteada es rentable para la agroindustria de comercialización de carbón vegetal.

REFERENCIAS

- [1] Reyes Chacón, D. A., Cadena López, A., & Rivera González, G. (2022). El Sistema de Gestión de Calidad y su relación con la innovación. https://ru.ceiich.unam.mx/bitstream/123456789/3652/1/El_sistema_de_gesti_on_Interdisciplina_v10n26.pdf
- [2] Zacarías, C. M. R. (2017, 30 noviembre). Gestión de calidad en las micro y pequeñas empresas del sector servicio, rubro restaurantes de la urbanización Los Héroes del distrito de Nuevo Chimbote, 2014. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/1825>
- [3] Martínez, G. R. S., Castro, Y. V., & Guerrero, L. E. M. (2019). Planificación, gestión y control de la calidad del software. *Scientia Et Technica*, 24(4), 611. <https://doi.org/10.22517/23447214.9305>
- [4] Delgado, B., Dominique, D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. Tomado de https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- [5] Vista de diagrama de pareto. Perspectiva de la asignatura de Control de la calidad. (s. f.-b). <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/4920/5363>
- [6] De València Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño - Escuela Técnica Superior D'Enginyeria del Disseny, U. P. (2020, 9 noviembre). Gráficos de control. <https://riunet.upv.es/handle/10251/16262>
- [7] Cabana-Villca, Ricardo, Cortes-Castillo, Ivan, Plaza-Pasten, Diego, Castillo-Vergara, Mauricio, & Alvarez-Marin, Alejandro. (2013). Análisis de Las Capacidades Emprendedoras Potenciales y Efectivas en Alumnos de Centros de Educación Superior. *Journal of technology management & innovation*, 8(1), 65-75. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242013000100007>
- [8] Helena, M. C. L. (2024, 15 febrero). IMPLEMENTACIÓN DE DIAGRAMAS CURSOGRAMA ANALÍTICO y CASA DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA INDUSTRIAS AVM. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/14935>
- [9] Lema, S. R. (2019). Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE). *3C Tecnología*, 29(1), 64-75. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/64-75>
- [10] Alan, R. Á. J. (2021, 16 febrero). Impacto de las metodologías Lean Service, Lean Six Sigma y Lean Management en el sector consultoría y servicio. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18231>
- [11] Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil (J. N. Malpartida Gutierrez, D. Olmos Saldivar, S. M. Quiñones Chumacero, M. J. Ledesma Cuadros, G. Garcia Curo, & J. R. Diaz Dumont , Trans.). (2021). *Alpha Centauri*, 2(3), 72-90. <https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.45>
- [12] Martín, A. D. E. (2018, 27 febrero). Propuesta de mejora mediante la metodología DMAIC para reducir los costos operativos en el área de distribución de combustibles líquidos de la corporación Primax S. A. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13210>
- [13] Bernal, M. M. (2015). Gestión por procesos y mejora continua, puntos clave para la satisfacción del cliente. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/6332>.
- [14] Antonio, O. Z. (2015, 18 noviembre). Diseño e implementación de un sistema integrado de gestión de equipos de seguridad. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6409>
- [15] Leite, E. D., Morales, F. X. M., Reyes, E., Junior, & Cháfer, L. M. (2022). La transmisión del conocimiento formal e informal entre los trabajadores operarios del distrito industrial: el caso del distrito agroindustrial de Anápolis. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8545242>
- [16] Gerardo, U. B. S. (2020). Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de una empresa agroindustrial en Lima, 2020. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63189>
- [17] Adán, B. E. W. (2017). Plan de capacitación en explotación agroindustrial para mejorar la empleabilidad en trabajadores de Casma, 2017. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12018>