

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MEJORA PARA
DISMINUIR COSTOS EN EL PROCESO DE RECEPCIÓN DE
MATERIA PRIMA EN UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL. VIRÚ,
LA LIBERTAD – PERÚ, 2023”**

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Forma: Artículo científico

Autor:

Richard Leonel Castañeda Rubio

Asesor:

Dr. Miguel Angel Rodríguez Alza

<https://orcid.org/0000-0002-1939-5343>

Trujillo - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Alfredo Fernando Temoche Lopez
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	Margeo Javier Chuman Lopez
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	Miguel Angel Rodriguez Alza
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud

Richard Leonel Castañeda Rubio

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MEJORA PARA
DISMINUIR COSTOS EN EL PROCESO DE RECEPCIÓN DE MAT...**

- Quick Submit
- Quick Submit
- Asesores

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::1:3097875314

Fecha de entrega
1 dic 2024, 11:09 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
1 dic 2024, 11:14 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
TESIS_ARTICULO_CIENTIFICO_I_Richard_Casta_edu.pdf

Tamaño de archivo
404.2 KB

24 Páginas

4,933 Palabras

27,237 Caracteres

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Dedicatoria

A mi madre, quien ha estado siempre a mi lado brindándome su fuerza y la enseñanza de mantener el enfoque para aprender cada día una lección. A mi familia, por ser el motor que me impulsa a alcanzar todas mis metas.

Richard Castañeda Rubio

Agradecimiento

A mis padres, por sus esfuerzos y la fe que depositan en mi manera de alcanzar mis objetivos; y a mis hermanos por recordarme que debo agotar esfuerzos para ser un ejemplo digno de seguir.

A mi asesor, por mantener el apoyo y el esfuerzo conjunto realizado para sacar adelante este proyecto.

A la Universidad Privada del Norte por ser nuestra casa de estudios y a cada uno de los docentes que compartieron parte de sus conocimientos y enseñanzas conmigo para alcanzar la meta de convertirme en un profesional ético, responsable, comprometido y exitoso.

Índice de contenidos

JURADO EVALUADOR	2
Informe de Similitud	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras	7
Resumen.....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III: RESULTADOS	20
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	21
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	22
REFERENCIAS	22

Índice de tablas

TABLA 1. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
TABLA 2. MONETIZACIÓN DE CAUSAS RAÍZ.....	13
TABLA 3. PÉRDIDA ECONÓMICA INICIAL, MEJORADA Y BENEFICIO ALCANZADO.....	20
TABLA 4. NIVELES ZPK Y Z.....	20

Índice de figuras

Figura 1. Análisis Six Sigma inicial CR-01: Falta de programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.....	16
Figura 2. Análisis Six Sigma post mejora CR-01: Falta de programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.....	16
Figura 3. Análisis Six Sigma inicial CR-02: Falta de capacitación al personal.....	17
Figura 4. Análisis Six Sigma post mejora CR-02: Falta de capacitación al personal.....	17
Figura 5. Análisis Six Sigma inicial CR-03: Falta de un correcto manejo de la MP (pallets).....	18
Figura 6. Análisis Six Sigma post mejora CR-03: Falta de un correcto manejo de la MP (pallets).....	18
Figura 7. Análisis Six Sigma inicial CR-04: Falta de capacidad de la planta.....	19
Figura 8. Análisis Six Sigma post mejora CR04: Falta de capacidad de la planta.....	19

Resumen

El objetivo principal de este trabajo de investigación consiste en evaluar de qué manera es posible reducir los costos operativos del proceso de recepción de materia prima dentro de una empresa agroindustrial a través de herramientas de mejora, para lo cual se considera necesario iniciar diagnosticando el contexto situacional del proceso de recepción de MP de la empresa a través de un diagrama de Ishikawa; de lo que se puede determinar que las causas raíces de los costos elevados que se han podido detectar; ordenadas por impacto económico corresponden a: la falta de un programa de mantenimiento preventivo de maquinaria, la falta de un correcto manejo de las unidades de carga (pallets), la falta de capacitación al personal y la falta de capacidad de planta. Posterior a ello, el análisis de indicadores a través de herramientas de control estadístico y de gestión de la calidad, la aplicación de la metodología Six Sigma, el despliegue de la función de calidad a través de la Casita de Calidad (QFD), la matriz AMFE y la matriz DMAIC dieron paso a la generación de alternativas de mejora que contribuyan a la disminución de los costos elevados que se detectaron en el diagnóstico inicial, mismos que se redujeron de \$24,620.5 a \$15,446.00, evitando una pérdida de \$9,174.5.

Palabras Clave: reducción de costos, herramientas de calidad, mejora.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Dentro de las empresas agroexportadoras que tienen bajo su gestión su propia cadena de suministro de MP para exportación, es muy importante que se controle eficientemente el uso de recursos apuntando a reducir los costos a lo mínimo necesario, sin afectar la calidad del producto. Diversos autores coinciden en que llevar el control de calidad a la práctica consiste en gestionar el desarrollo, el diseño, y la manufactura de un producto que además de mantener su calidad, el producto también sea de la mayor utilidad y que tenga siempre la meta fijada en satisfacer las expectativas del consumidor ^[1]. En lo que respecta a gestión de operaciones con orientación en mantener la calidad, el crecimiento evidenciado tiene un alto nivel de impacto, el mismo es atribuible al desarrollo de las herramientas tecnológicas, la notable mejora de los materiales necesarios y el aporte generado por la ciencia y la investigación que hacen posible establecer procedimientos que se vuelven más eficientes a medida que pasa el tiempo y se desarrolla la industria ^[2]. La gestión de la calidad ha existido desde tiempos inmemoriales, pero es en los últimos años que se ha podido conceptualizar de una forma clara y estandarizar a tal nivel que en todo el mundo se puede hablar de calidad y los términos de referencia son los mismos, un claro ejemplo de ello es la existencia de las normas ISO 9000, siendo la de principal utilización la ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad ^[3]. El presente trabajo de investigación busca hacer uso de las herramientas de mejora para reducir los costos elevados dentro de una empresa agroindustrial que desarrolla sus actividades en la zona costera de la provincia de Virú. En la operación que corresponde a la recepción de MP para exportación dentro de las instalaciones de la empresa bajo análisis se ha podido detectar a través de un análisis de causas raíz y su monetización, que existen costos elevados producto de deficiencias en el sistema operativo que involucra maquinaria,

personas e infraestructura. Este análisis de causas raíz se hizo posible gracias al Diagrama de Ishikawa, el cual que es definido por diversos autores como un diagrama de amplia utilidad al momento de analizar causas y efectos de determinados problemas que se suscitan dentro de un proceso ^[4]. Conociendo las causas raíz de los problemas dentro de un determinado proceso, es necesario evaluar el nivel de criticidad de cada una de las razones obtenidas; para ello es necesario conocer el impacto económico que representa cada uno de los problemas hallados. Tomando en cuenta cuánto dinero perdido representa cada uno de los problemas, el Diagrama de Pareto, definido como un gráfico que ayuda a categorizar datos para localizar los problemas vitales y sus principales causas dentro de un determinado proceso, brinda una proporción traducida como el 80% de las pérdidas económicas se dan a razón del 20% de los problemas existentes ^[5]. En lo que respecta a causas raíz, la falta de un programa de mantenimiento preventivo de maquinaria representa una pérdida económica que en suma asciende a un valor de \$16,791.94, esta pérdida está asociada a la deshidratación producida por la retención de MP a causa de paradas en la maquinaria necesaria para la estiba a razón de acciones de mantenimiento; por su parte, la falta de un correcto manejo de unidades de carga (pallets) tiene un impacto económico que se traduce monetariamente en \$6,900.00, ello corresponde a pérdidas generadas por daño mecánico en bandejas y parihuelas durante el traslado de unidades de carga; asimismo, la falta de capacitación al personal genera una pérdida económica de \$690.80, esta cifra está relacionada con el salario de los colaboradores que desconocen o ignoran los procedimientos internos y a raíz de ello cometen errores operativos; y, finalmente la falta de capacidad de planta significa una pérdida de \$237.80 que se incurre necesariamente debido al traslado de un punto de recepción a otro ya que la capacidad del primero no es suficiente para albergar todo el volumen de ingreso de MP; todo ello en un mismo periodo. Los gráficos de control estadístico tienen la funcionalidad de

determinar si un indicador de determinadas situaciones que involucra un conglomerado de datos se encuentra bajo control estadístico, al evaluar el comportamiento de dichos datos dentro de límites superiores e inferiores establecidos de acuerdo con un valor de desviación ^[6]. Los histogramas de frecuencia son gráficos que representan la densidad de una población, segmentada en intervalos de frecuencia que agrupan los datos tomados de un registro ^[7]. El Despliegue de la Función de Calidad (QFD), a través de la Casita de Calidad tiene como meta analizar las necesidades y expectativas del cliente en características específicas de diseño y producción. Para este proceso de análisis se requiere identificar las necesidades del cliente y a través de una matriz, relaciona dichas necesidades con requerimientos técnicos para luego desplegar la información a través de priorización de características críticas que deben recibir atención especial durante el proceso de diseño y producción ^[8]. El Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) tiene como propósito realizar un análisis sobre los riesgos asociados a los productos y/o procesos que se pueden encontrar dentro de una organización, en estos se llega a evaluar factores de gravedad de las consecuencias de las fallas encontradas, la frecuencia en que estas se suscitan, el nivel de detectabilidad de estas fallas, y se calcula el nivel de prioridad de riesgo a través de una multiplicación simple de estos factores puntuados en una escala del 1 al 10 ^[9]. La metodología DMAIC Six Sigma consiste en la definición de situaciones, medición de dichos contextos, análisis a través de herramientas especializadas, implementación de mejoras y control de indicadores; el propósito de esta metodología es reducir la incidencia de errores y alcanzar un nivel Z de 4.5 ^[10]. Según lo antes descrito sobre la realidad problemática existente en la empresa agroindustrial bajo análisis, la presente investigación busca demostrar que es posible brindar alternativas de solución que permitan la reducción de los costos operativos detectados a través de la utilización de herramientas de mejora y de control, orientadas a la gestión de la calidad.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Para la ejecución de esta investigación se ha considerado necesaria la aplicación de una metodología híbrida, que contiene segmentos tanto cuantitativos como cualitativos. La tabla I alberga el paso a paso que se ha llevado a cabo durante la ejecución de la presente investigación; el diagnóstico a través de Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, la cuantificación monetaria de las pérdidas a razón de las causas raíz, la aplicación de herramientas de análisis estadístico de los datos recopilados a través de análisis de frecuencias, gráficos de control tanto para variables como para atributos, análisis de distribución, y la determinación de la capacidad de los procesos; asimismo, la propuesta de mejora obtenida a través del Despliegue de la Función de Calidad (QFD), el Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE), el modelo DMAIC y la aplicación de la Metodología Six Sigma.

TABLA 1. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

ETAPA	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Diagnóstico	Diagrama Ishikawa	Se lograron detectar 4 causas raíz.
	Monetización causas raíz	Se determinó el impacto económico a través de la monetización.
	Diagrama Pareto	Se categorizaron las causas raíz de acuerdo con el nivel de impacto económico, de mayor a menor pérdida.
Análisis	Estadística Descriptiva	Medidas de tendencia central, análisis de frecuencia, gráficos de control estadístico y análisis de distribución.
Propuesta de mejora	QFD	Se realizó la Casita de Calidad con el propósito de determinar los ¿Cómo? Se determinó el nivel de prioridad de riesgo de
	AMFE	las fallas detectadas, así como sus causas y efectos.
	Nivel Z Six Sigma	Se realizó una proyección a largo plazo del comportamiento de las fallas encontradas.

En la etapa que corresponde al diagnóstico, el diagrama de Ishikawa (causa-efecto) permite conocer las causas de las cuales provienen los problemas que se suscitan dentro de un determinado proceso, en este caso los costos operativos elevados. El análisis realizado a través del diagrama de Pareto permite categorizar el impacto económico negativo de las causas raíz, de mayor a menor; la causa raíz 1 (CR1) es la que genera la mayor pérdida y se convierte en la principal causante del sobrecosto, asimismo, es posible conocer que las demás causas raíz también tienen un impacto considerable, por lo que es necesario priorizar las causas raíz apuntando a la mejora continua de la organización.

TABLA 2. MONETIZACIÓN DE CAUSAS RAÍZ.

Nº	CAUSAS RAÍZ	PÉRDIDA ECONÓMICA (\$)
CR – 1	Falta de programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria	16,791.94
CR – 3	Falta de un correcto manejo de la MP (pallets)	6,900.00
CR – 2	Falta de capacitación al personal	690.80
CR – 4	Falta de capacidad de planta	237.80
TOTAL		24,620.54

En la etapa que comprende el análisis, el uso de las herramientas de control estadístico contribuyó a determinar que el comportamiento de algunos indicadores de las causas raíz detectadas dentro del proceso de recepción de MP de la empresa agroindustrial bajo análisis denotaba demasiada desviación en función de los límites establecidos para dicho proceso. Los histogramas de frecuencia ayudan a conocer intervalos y frecuencias de repetición de los datos obtenidos del proceso, permitiendo de esta manera determinar el comportamiento de cada una de las causas raíz halladas. Los gráficos de control estadístico, por su funcionalidad, aportaron en establecer si los indicadores asignados para

cada causa raíz se encontraban bajo control estadístico. En el caso de la causa raíz 1: falta de un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria, y la causa raíz 2: falta de capacitación al personal; se pudo determinar que sí estaban bajo control estadístico. Por otro lado, en el caso de la causa raíz 3: falta de un correcto manejo de la MP (pallets), y la causa raíz 4: falta de capacidad de planta; se pudo determinar que no se encontraban bajo control estadístico. El gráfico de control estadístico de la causa raíz 1: falta de un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria hace referencia a los tiempos promedio de retención de MP que no puede ser trasladada a la siguiente etapa debido a la falta de la maquinaria necesaria para la carga/estiba. Este gráfico sí está bajo control estadístico.

El gráfico de control estadístico de la causa raíz 2: falta de capacitación al personal, corresponde al costo que representa cada trabajador que desconoce/ignora los procedimientos establecidos. Este gráfico sí está bajo control estadístico. El gráfico de control estadístico de la causa raíz 3: falta de un correcto manejo de la MP (pallets), hace referencia a las fallas operativas en agravio de las parihuelas y las bandejas que se trasladan de etapa en etapa. Este gráfico no está bajo control estadístico. El gráfico de control estadístico de la causa raíz 4: falta de capacidad de planta, es referente a la necesidad de traslado de pallets de un punto de recepción a otro, que surge a razón de una falta de capacidad de planta para albergar todo el volumen de ingreso de MP. Este gráfico no está bajo control estadístico. La etapa de propuesta de mejora comienza con el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) a través de la Casita de Calidad, de lo cual se obtienen los requerimientos técnicos necesarios para ajustar los indicadores a los límites establecidos; dichos requerimientos son analizados a través de la matriz AMFE con el propósito de hallar las causas y efectos de las fallas, así como también el nivel de

prioridad de riesgo asociado a los requerimientos técnico; una vez ejecutado ello se procede con la aplicación de la metodología DMAIC y Six Sigma. Como requerimientos técnicos se tienen:

- Control eficiente de indicadores.
- Planificación de acciones de mejora.
- Trabajadores capacitados.
- Mejoramiento/ampliación de instalaciones.

Estos requerimientos técnicos exigen acciones enfocadas en la mejora por parte de la empresa bajo análisis; se recomienda ejecutar las siguientes acciones:

- Inspección periódica exhaustiva de pre-uso de equipos.
- Implementar plan de mantenimiento.
- Revisar modos de transporte y vías de tránsito.
- Traslado de MP excedente a un segundo punto de recepción.

Continuando la propuesta de mejora, es necesario conocer la variabilidad que existe en la capacidad de cada uno de los procesos donde se detectaron las fallas, tanto en el corto como en el largo plazo; para cumplir ello, es necesario realizar el cálculo del nivel Z y las capacidades (CpK). Se muestra lo obtenido:

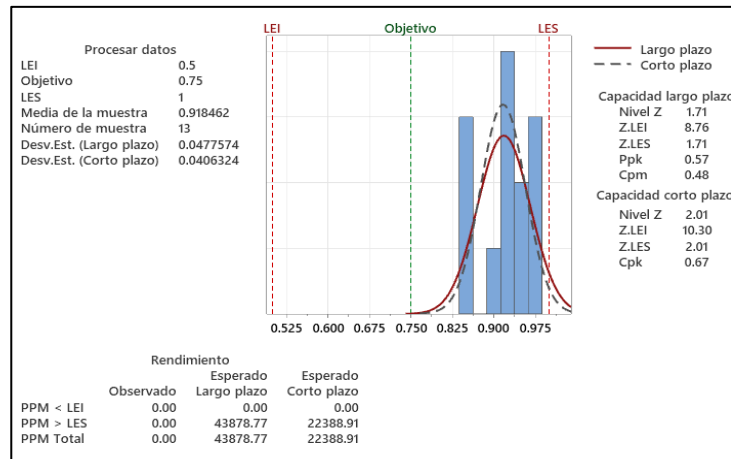


Figura 1. Análisis Six Sigma inicial CR-01: Falta de programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.

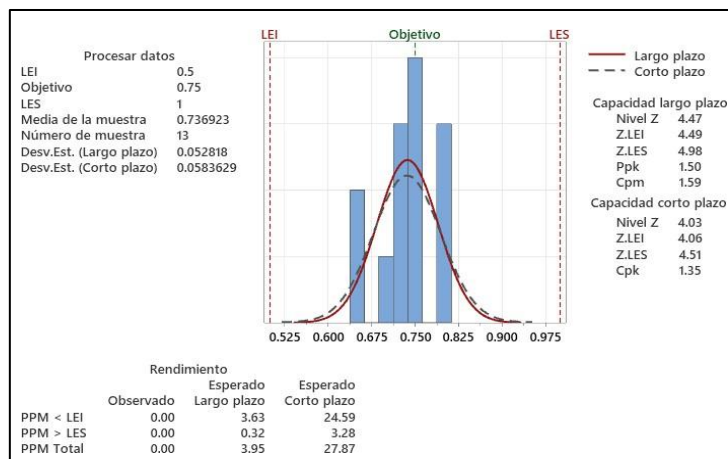


Figura 2. Análisis Six Sigma post mejora CR-01: Falta de programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.

Se observa en la figura 1 que inicialmente todos los datos están por encima del tiempo objetivo de 0.75h y la capacidad inicial del proceso (CpK) se encuentra en 0.57, es decir, el proceso aún no es capaz de mantener el tiempo de retención de MP a causa de falta de maquinaria cerca al objetivo; pero, en el análisis posterior (figura 2) a la ejecución de las acciones de mejora recomendadas se observa que los datos se encuentran cerca del objetivo y la capacidad de proceso se encuentra en valores óptimos (1.5). Asimismo se observa una variación en el nivel Z comparando ambos escenarios, pues de tener una cifra de 1.71 se elevó a 4.47.

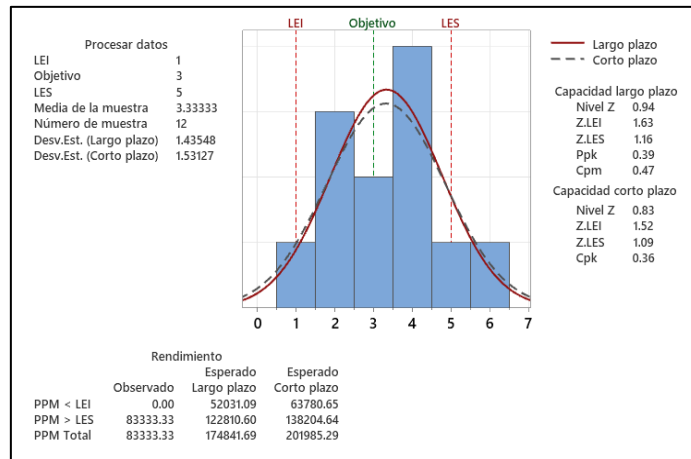


Figura 3. Análisis Six Sigma inicial CR-02: Falta de capacitación al personal.

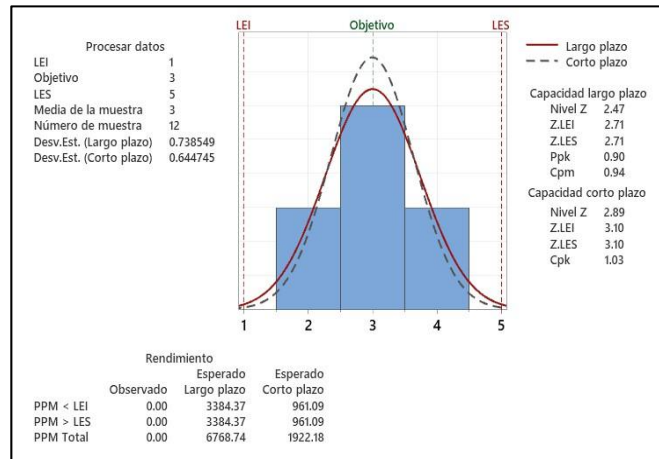


Figura 4. Análisis Six Sigma post mejora CR-02: Falta de capacitación al personal.

Se puede observar en la figura 3 que, al inicio, no se cumple el objetivo de 3 trabajadores no capacitados, y la capacidad inicial del proceso (CpK) se encuentra en 0.39, es decir, el proceso no cuenta con la capacidad para mantener el objetivo establecido; pero, en un análisis posterior (figura 4), es observable un panorama donde el status de la capacidad de proceso mejoró considerablemente alcanzando un valor de 0.9. En lo que respecta al nivel Z, se observa también que en el primer escenario alcanzó la cifra de 0.94 y en el segundo, alcanzó la cifra de 2.47.

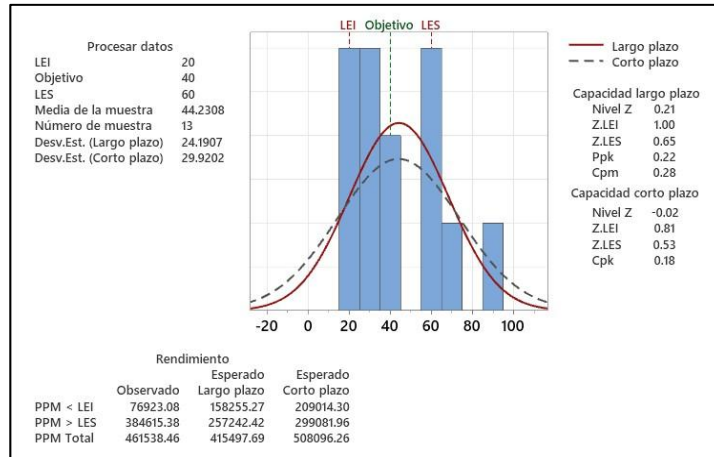


Figura 5. Análisis Six Sigma inicial CR-03: Falta de un correcto manejo de la MP (pallets).

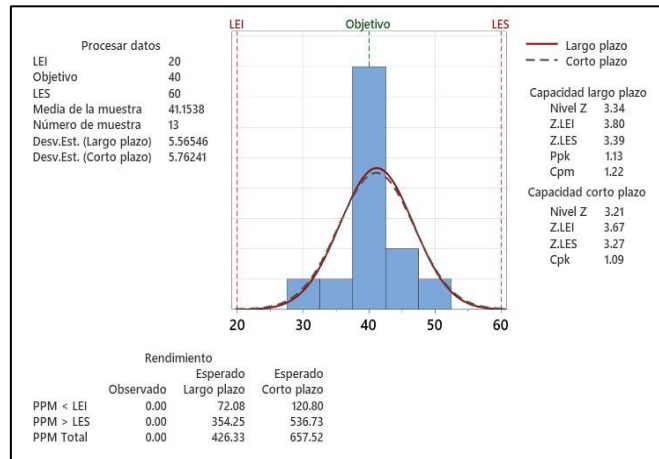


Figura 6. Análisis Six Sigma post mejora CR-03: Falta de un correcto manejo de la MP (pallets).

Es posible observar en la figura 5 que los datos se encuentran dispersos fuera del objetivo de 40 pallets dañados, y la capacidad del proceso para alcanzar el objetivo presenta valores ínfimos de 0.22, lo que demuestra que aún no está en capacidad de alcanzar dicho objetivo. En un posterior análisis (figura 6) después de aplicar mejoras, se observa que el objetivo se está cumpliendo de forma eficiente y la nueva capacidad del proceso presenta un valor de 1.13. Con respecto al nivel Z, se observa un incremento al comparar ambos análisis, pues de 0.21 logró llegar a 3.34.

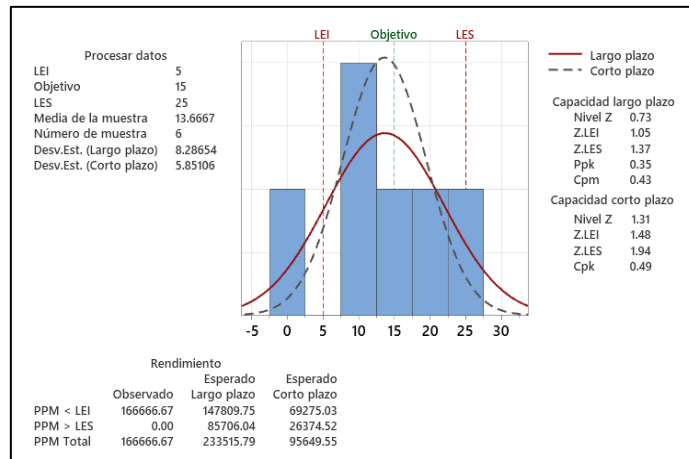


Figura 7. Análisis Six Sigma inicial CR-04: Falta de capacidad de la planta.

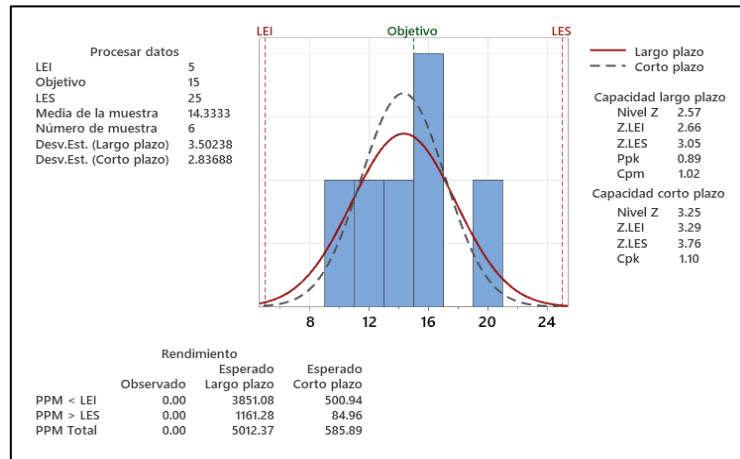


Figura 8. Análisis Six Sigma post mejora CR04: Falta de capacidad de la planta

Se observa en la figura 7 que inicialmente, el objetivo aún no se cumple de forma eficiente, y que la capacidad del proceso para cumplir dicho objetivo no es la adecuada al tener una cifra de 0.35. Asimismo, es observable en la figura 8 que tras la aplicación de acciones de mejora, el cumplimiento del objetivo está cada vez más cerca ya que la capacidad del proceso para alcanzar dicha meta se encuentra en una cifra de 0.89. El nivel Z también se ha podido mejorar de manera significativa, pues de tener una cifra inicial de 0.73, se logró incrementar a 2.57.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En la tabla 3 se muestra el resumen de la pérdida económica inicial por cada causa raíz, la pérdida que se tiene tras la aplicación de las acciones recomendadas y el beneficio que ello significa para la empresa agroindustrial en la que se desarrolló la presente investigación.

TABLA 3. PÉRDIDA ECONÓMICA INICIAL, MEJORADA Y BENEFICIO ALCANZADO.

DESCRIPCIÓN	Pérdida Actual \$	Pérdida mejorada \$	Beneficio \$
CR-01: Falta de programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria	16,792	10,214	6,578.4
CR-02: Falta de capacitación al personal	690.8	325.1	365.7
CR-03: Falta de un correcto manejo de la MP (pallets)	6,900	4,812.6	2,087.4
CR-04: Falta de capacidad de la planta	237.8	94.8	143
TOTAL	24,621	15,446	9,174.5

En la tabla 3 se puede apreciar que los costos iniciales son mayores a los costos calculados después de la implementación de acciones de mejora, producto de las herramientas de mejora con las que fueron analizadas cada una de las causas raíz.

TABLA 4. NIVELES ZPK Y Z

CR	INDICADOR	INICIAL		MEJORADO	
		CpK	Z	CpK	Z
1	T ^r de retención de pallets por etapa	0.57	1.71	1.5	4.47
2	N° personas no capacitadas	0.39	0.94	0.9	2.47
3	N° pallets dañados	0.22	0.21	1.13	3.34
4	Kilometraje recorrido	0.35	0.73	0.89	2.57

La tabla 4 muestra los niveles CpK y Z, extrapolando los datos obtenidos en el análisis inicial y los datos obtenidos después de la implementación de las acciones de mejora; se puede apreciar así el incremento en ambos niveles, lo que se traduce en una mejora alcanzada a través de las herramientas de mejora.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

La realidad problemática que corresponde al proceso de recepción de MP de la empresa bajo análisis, sustentada en cada una de las causas raíz halladas, representa una pérdida económica de \$24,620.5, misma que pudo ser reducida a \$15,446 a través del uso de herramientas de control estadístico y herramientas de gestión de calidad. Los gráficos de control demostraron que 2 indicadores se encuentran bajo control estadístico y los otros 2 se encuentran fuera del mismo; tras la implementación de las mejoras, se demostró que todos los indicadores de las causas raíz lograron mantenerse dentro del control estadístico. La tabla 4 muestra que el análisis de capacidades Six Sigma permitió conocer que inicialmente tanto el nivel CpK como el nivel Z no tenían valores óptimos, debido a que el comportamiento de las situaciones medidas denotaba alta dispersión de los datos, lo que demuestra una gestión irregular del proceso analizado en el presente estudio; al respecto, autores mencionan que la aplicación de herramientas de mejora tales como QFD, AMFE y DMAIC Six Sigma que resultan en la propuesta de alternativas de mejora, permiten reducir la variabilidad de los datos hallados y lograr que éstos tengan mayor tendencia hacia el objetivo y la centralidad ^[9] ^[11].

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

De la presente investigación se concluye que en el proceso de recepción de MP de una empresa agroindustrial, se tienen sobrecostos operativos que ascienden a \$24,620.5, ello a causa de problemas relacionados con maquinaria, mano de obra y capacidad de planta. Tras la aplicación de herramientas de mejora y el desarrollo de propuestas de mejora en materia de gestión de la calidad, se obtuvo como resultado una mejora en los niveles Z para cada causa raíz; tal es el caso de la CR-01, que de 1.71 se elevó a 4.47; de la misma manera que la CR-02, que de 0.94 se elevó a 2.47; también la CR-03; que de 0.21 se elevó a 3.34; y finalmente, la CR-04, que de 0.73 logró incrementarse a 2.57. En lo que respecta a pérdidas económicas, inicialmente se tenía una cifra de \$24,621.5 y con la aplicación de las propuestas de mejora, se logró reducir a \$15,446; alcanzando de esta manera un beneficio de \$9,174.5.

REFERENCIAS

- [1] Rosey, J. C. (10 de mayo de 2013). Gestipolis. Obtenido de Calidad, concepto y filosofías: Deming, Juran, Ishikawa y Crosby: <https://www.gestipolis.com/calidad-concepto-yfilosofias-demingjuran-ishikawa-y-crosby/>
- [2] Marín Marín, W., & Gutiérrez Gutiérrez, E. V. (2013). Desarrollo e implementación de un modelo de teoría de restricciones para sincronizar las operaciones en la cadena de suministro. *Revista eia*, (19), 67-77.
- [3] Vargas Quiñones, M. (2014). *Calidad y servicio: conceptos y herramientas*. Bogotá: ECOE Ediciones Universidad de la Sabana.
- [4] Sánchez, J., y Coll, F. (2021). Diagrama de Ishikawa. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-ishikawa.html>

- [5] Gutiérrez, P., y De la Vara, S. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma (3.a ed.). Editorial McGraw-Hill Education.
- [6] Castro, C. H., Alonso, P. B., & González, J. I. A. (2015). Aplicación de los gráficos de control en el análisis de la calidad textil. *Pecunia: revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, (1), 125-148.
- [7] Gutiérrez, R. B., & Cintas, P. G. (2013). El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad. *Probabilidad Condicionada: Revista de didáctica de la Estadística*, (2), 229-235.
- [8] Reda, H., & Dvivedi, A. (2022). Decision-making on the selection of lean tools using fuzzy QFD and FMEA approach in the manufacturing industry. *Expert Systems with Applications*, 192 doi: 10.1016/j.eswa.2021.116416
- [9] Gálvez Ulloa, C. A., Tisnado Jáuregui, A. B. I., Rantes Valverde, M. L., & Solórzano Iparraguirre, K. J. (2021). Design of a preventive maintenance plan, ABC, coding, kanban system, FMEA and forecasts to reduce costs in the metalworking company Ingenieros en acción S.R.L. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2021-July doi:10.18687/LACCEI2021.1.1.154 Retrieved from www.scopus.com.
- [10] De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604-614.
- [11] Rodríguez Alza, M. A., Castañeda Cabanillas, Y. Y., Villavicencio Ríos, T. N. (2023). Aplicación de las Herramientas de Gestión de la Calidad para Mejorar la Producción de la Empresa Tecavi, Pacasmayo – La Libertad, 2022. En N. Callaos, J. Horne, E. F.

Ruiz-Ledesma, B. Sánchez, A. Tremante (Eds.), Memorias de la Décima Tercera Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC 2023, pp. 34-39. International Institute of Informatics and Cybernetics.
<https://doi.org/10.54808/CICIC2023.01.34>