



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Six sigma y su efecto en la calidad del proceso de empaque de la
empresa Agroindustrias José y Luis, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTORES:

Cruzado Gálvez, José Marlon (ORCID: 0000-0002-7415-151X)

Terán Cabanillas, Breysi Estefany (ORCID: 0000-0002-8799-7928)

ASESOR:

Mg. Cruz Salinas, Luis Edgardo (ORCID: 0000-0002-3856-3146)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Gestión de la Seguridad y Calidad

CHEPÉN - PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado primordialmente a dios y a la virgen de Guadalupe, por permanecer siempre a mi lado y nunca desampararme, por las bendiciones que nos brindan diariamente en estos tiempos difíciles, porque son quienes nos fortalecen en cuerpo y espíritu para poder seguir adelante y de esta manera cumplir con mis sueños y metas. A mis familiares y seres queridos, porque gracias a su esfuerzo y apoyo incondicional ha sido posible que me encuentre donde estoy ahora, todos y cada uno de ellos son la razón que me ha impulsado a no desmayar en el transcurso de estos años, es por ellos que el esmero reflejado en esta tesis está dedicado totalmente a ellos. A los docentes de esta prestigiosa universidad, ya que nos han brindado sus conocimientos durante todo este tiempo para lograr convertirnos en excelentes profesionales.

Cruzado Gálvez, José Marlon

Esta tesis está dedicada a Dios por haberme guiado durante el proceso de mi formación universitaria, por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles y por darme una familia maravillosa.

A mis padres por brindarme apoyo incondicional a pesar de la distancia, por ser mis mayores fans y llenarme de sabios consejos que me han ayudado a ser la persona que soy ahora, sin duda alguna son mi inspiración y mi modelo a seguir en esta vida.

A mis hermanas, por ser mis mejores amigas y mi motivación para ser una mejor persona y poder ser su ejemplo a seguir.

Terán Cabanillas, Breysi Estefany

Agradecimiento

A mis padres José Cruzado Albildo y Flor Galvez Dávila, A mi Padrino Guido Asenjo Prieto y mi abuela Emilia Dávila Mendoza quienes me brindaron su apoyo incondicional ante todo momento difícil que se presentó en mi vida, por la calidad de educación que me están ofreciendo para salir adelante en el camino de la vida y por haberme inculcado valores.

A mis queridos hermanos, tía, prima y familiares en general, por siempre apoyarme en cada paso que doy para lograr esta meta anhelada, a todos ellos gracias totales.

Cruzado Gálvez, José Marlon

A mi madre, Bere Cabanillas Gil, por ser mi mejor amiga y apoyarme en todo momento con sus constantes consejos de vida que me han ayudado a ser la persona que soy ahora, también por brindarme su amor y cariño incondicional. Por ser mi razón de ser y mi guía en esta vida terrenal, sin duda alguna algún día espero ser tan grandiosa como lo es ella.

A mi padre, Oscar Terán Durand, por brindarme su constante apoyo moral y económico, por ser mi mayor fan y confiar en mí. Por consentirme y darme su amor incondicional.

A mi hermana Treisy Terán Cabanillas, por ser mi pequeña mejor amiga, mi compañía y apoyarme en todo momento, porque es mi motivación para convertirme en una mejor persona cada día.

A mi enamorado, Pedro Herá, por ser mi lugar de paz y tranquilidad en momentos dónde más lo necesitaba. Por confiar siempre en mí y celebrar mis logros como si fueran los suyos.

Al Ing. Luis Cruz, por ser el guía del desarrollo del proyecto, por su buena dedicación y apoyo prestado durante la realización de este proyecto.

Terán Cabanillas, Breysi Estefany

Índice de contenido

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenido | iv |
| Índice de gráficos y figuras..... | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 3 |
| III. METODOLOGÍA..... | 10 |
| 3.1 Tipo de investigación y diseño de investigación..... | 10 |
| 3.2 Variables y operacionalización | 11 |
| 3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis. | 12 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección | 13 |
| 3.5 Procedimientos..... | 14 |
| 3.6 Métodos de análisis de datos..... | 14 |
| 3.7 Aspectos éticos | 15 |
| IV. RESULTADOS..... | 15 |
| V. DISCUSIÓN | 48 |
| VI. CONCLUSIONES | 52 |
| VII. RECOMENDACIONES | 53 |
| REFERENCIAS | 54 |
| ANEXOS | 47 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Causas del incumplimiento con la calidad de la palta | 16 |
| Tabla 2. Requerimientos del cliente | 19 |
| Tabla 3. Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente..... | 20 |
| Tabla 4. Rendimiento del proceso..... | 21 |
| Tabla 5. <i>Project charter seis sigma</i> | 22 |
| Tabla 6. Datos para el estudio de R&R | 23 |
| Tabla 7. Causas del incumplimiento con la calidad de la palta | 29 |
| Tabla 8. <i>Correlaciones de los factores</i> | 32 |
| Tabla 9. <i>Niveles de los factores</i> | 33 |
| Tabla 10. Diseño factorial..... | 34 |
| Tabla 11. Solución de las causas..... | 37 |
| Tabla 12. <i>Comparación de los valores de six sigma</i> | 39 |
| Tabla 13. Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente..... | 41 |
| Tabla 14. Rendimiento del proceso..... | 42 |
| Tabla 15. Comparación de los indicadores de la calidad de proceso..... | 43 |
| Tabla 16. Prueba de normalidad para el indicador 1 | 44 |
| Tabla 17. Prueba de hipótesis de Wilcoxon | 45 |
| Tabla 18. Prueba de normalidad para el indicador 2..... | 46 |
| Tabla 19. Prueba de t-student..... | 47 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de Ishikawa | 15 |
| Figura 2. Causas del incumplimiento con la calidad..... | 17 |
| Figura 3. Proceso de palta | 18 |
| Figura 4. Estudio de R&R..... | 24 |
| Figura 5. Resultados del nuevo estudio de R&R..... | 25 |
| Figura 6. Gráfica de control antes de la mejora..... | 26 |
| Figura 7. Histograma de la capacidad del proceso. | 27 |
| Figura 8. Nivel sigma..... | 28 |
| Figura 9. Pareto de efecto de las causa | 30 |
| Figura 10. Causas encontradas en la variabilidad en el peso | 31 |
| Figura 11. Análisis factorial | 35 |
| Figura 12. Optimización del proceso. | 36 |
| Figura 13. Capacidad del proceso después de la mejora..... | 38 |
| Figura 14. Control del proceso a través de la gráfica de control | 40 |

Resumen

Esta investigación tuvo como principal objetivo determinar el efecto de la implementación de six sigma en la calidad del proceso de empaque de la empresa Agroindustrias José y Luis. La investigación fue aplicada con un diseño experimental. La población estuvo conformada por la producción de paltas Hass en kg de la empresa Agroindustrias José y Luis, comprendida por 4 meses antes y 4 meses después de la mejora, la razón que la muestra fue igual a la población. Se aplicó six sigma a través de las cinco etapas. Los datos se analizaron mediante los softwares estadísticos SPSS, minitab 19 y Excel. Como conclusión se determinó que la aplicación de six sigma tuvo un efecto positivo en la calidad del proceso de empaque de la empresa, logró aumentar el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente en un 17% y el rendimiento del proceso en 13%, del mismo modo la capacidad de proceso mejoró de 0.88 a 1.66 cp. Se aplicó la prueba t student y de wilcoxon para realizar la contrastación de las hipótesis, obteniéndose un nivel de significancia de 0.000 lo que permitió su aceptación.

Palabras Clave: six sigma, calidad del proceso, nivel sigma

Abstract

The main objective of this research was to determine the effect of the implementation of six sigma on the quality of the packaging process of the company Agroindustrias José y Luis. The research was applied with an experimental design. The population was made up of the production of Hass avocados in kg of the company Agroindustrias José y Luis, comprised for 4 months before and 4 months after the improvement, the reason that the sample was equal to the population. Six sigma was applied through the five stages. The data were analyzed using the statistical software SPSS, Minitab 19 and Excel. As a conclusion, it was determined that the application of six sigma had a positive effect on the quality of the company's packaging process, it managed to increase compliance with the requirements granted by the client by 17% and the performance of the process by 13%, from Similarly, the processing capacity improved from 0.88 to 1.66 cp. The student's t-test and the Wilcoxon test were applied to test the hypotheses, obtaining a significance level of 0.000, which allowed its acceptance.

Keywords: six sigma, process quality, sigma level

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina las empresas agroindustriales conforman una de las principales actividades económicas, ya que estas han generado muchos puestos de trabajo. Aunque cabe mencionar que actualmente dentro del mercado nacional e internacional este tipo de empresas están constantemente luchando por mantenerse en el mercado, y es por esto que tratan de adaptarse a los múltiples cambios que se van presentando, y esto con el único motivo de no quebrar y mantenerse a flote en la industria (Rojas Tuesta, 2021).

En Perú la gran cantidad de empresas agroindustriales presentan el desconocimiento de las metodologías de mejora de calidad durante el proceso de empaque, para la obtención del producto final para su futura exportación. Algunas de esas herramientas podrían ser el método Six Sigma o Total Quality Management.

La empresa agroindustrial José y Luis es una empresa que lleva pocos años implementando el servicio de packing para la exportación de uva, palta y arándano, el presente estudio estuvo enfocado en el proceso de empaque de palta Hass, por ser el producto más sobresaliente, y también por haber estado ocurriendo problemas serios como la variabilidad de los pesos de las cajas en kilogramos, ya que estos estaban oscilando entre 3.900 a 4.800 kg por caja, sobrepasando los límites especificados por el cliente y además se contenía paltas con diferentes calibres en las cajas, aproximadamente en un porcentaje del 20%, lo que significaba que de 20 paltas de un solo calibre 4 eran diferentes, existía fruta empacada con diversos defectos, en algunas cajas no tenían la cantidad de fruta correspondiente y muchos frutos tenían la mayor parte de suciedad (polvo), presentando inconvenientes al momento de empacar porque el operario tenía que descartar toda fruta que no cumplía con los requerimientos del cliente y esto retrasaba el proceso de producción generando una baja capacidad y rendimiento del proceso, pese al trabajo que se realizaba aún existía especificaciones que no se estaban cumpliendo por lo que el cliente estaba insatisfecho, trayendo como consecuencias ciertas sanciones por una fruta de mala calidad, por eso fue necesario implementar six sigma para mejorar la calidad de la fruta, por consiguiente, se ha planteado la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es

el efecto de la aplicación de six sigma en la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021?

La justificación teórica fue que el principal motivo por el cual se estuvo realizando esta investigación, en este caso se determinó las teorías de las diferentes fuentes sobre la herramienta Seis Sigma y la calidad del proceso de producción de palta, obteniendo todos los conocimientos teóricos las cuales fueron aplicadas para la solución de la problemática. Se justifica metodológicamente, por consecuente el estudio de investigación va a permitir servir de referencia a otros estudios futuros que deseen implementar la herramienta Six Sigma en su proceso de empaque para la exportación en pequeñas y medianas empresas agroindustriales y además porque sigo el método científico. Se justifica de manera práctica, por aplicar mejoras en el proceso de producción ya que el talento humano de empaque fue beneficiado ya que muchas veces no solo tenían una actividad la cual es empaque la fruta sino también limpiarla, y como beneficiario indirecto tenemos a los clientes quienes al final del día tuvieron un mejor producto de calidad.

El presente estudio cuantitativo sostuvo como objetivo general: Determinar el efecto de la aplicación de six sigma en la calidad del proceso de empaque de la empresa Agroindustrias José y Luis, 2021.

Por lo cual se establecieron los siguientes objetivos específicos, el primero fue realizar un diagnóstico de la calidad actual del proceso de empaque. El segundo objetivo fue: Aplicar Six Sigma a través de sus herramientas de mejora. Y el tercer objetivo fue medir la calidad del proceso de empaque después de haber aplicado six sigma en la empresa Agroindustrias José y Luis, 2021.

Las hipótesis que se plantearon en el estudio fueron H1: La aplicación de la metodología Six Sigma tendrá un efecto positivo en el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente en la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021. Y H1: La aplicación de la metodología Six Sigma tendrá un efecto positivo en el rendimiento del proceso de la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En el ámbito internacional Pardo Hernández (2019) con su tesis, “Implementación de six sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima en la empresa Cartones América, Colombia. Donde su principal objetivo fue implementar el modelo de six sigma para el proceso de manejo y control de los desperdicios de materia prima, en la fabricación de cartón corrugado. Fue un estudio aplicado. Donde su muestra fue igual a la población que fue todos los procesos de la fabricación de cartón. Se tomaron en cuenta las herramientas de calidad que son el diagrama de Ishikawa y graficas de control. Los resultados se demostraron en el mejoramiento de la capacidad del proceso de 0.72 a 1.07 cp y el nivel sigma mejoró de 0.23 a 1.24. En conclusión, al implementar six sigma redujo la cantidad de desperdicios a 5.3% lo que ayudó a tener una mejor producción y control del proceso.

Por su parte, Sánchez Alzate (2018) en su estudio, “Desarrollo de un modelo QFD y six sigma para la solución de underweight en una empresa del sector agroindustrial”. Su objetivo de estudio fue aplicar un modelo de reconocimiento y mejora continua para controlar los bajos pesos de la palta. En este estudio se desarrolló a través de las cinco etapas, las cuales se tomaron en cuenta para nuestra investigación. Se tuvo en cuenta los diagramas de gauss y de dispersión. Se Llevó a cabo la metodología de seis sigma teniendo éxito en la solución de su problemática, el cual se basaba principalmente en los constantes reclamos por parte de sus clientes de destino por la variabilidad de los pesos de sus aguacates (paltas), ya que se redujeron de una forma significativa los fallos durante el pesado de cada fruto en ambas líneas de producción. En conclusión, logró disminuir la variabilidad del calibre de palta de 12.07% a 6.75% en la línea 1 y en la línea 2 de 4.45% a 1.75%.

En cuanto, Arenas Escurra, Lázaro Cabrera y Sánchez Saldaña (2018) con su tesis sobre, “Implementación de six sigma en la línea de producción de queso mozzarella en la Compañía Del Campo Ltda, Honduras”. Donde su principal objetivo fue implementar la herramienta six sigma en dicha compañía, buscando la implementación de bases en un sistema donde se controla la calidad durante el proceso de fabricación del queso Mozzarella. La muestra de este estudio fue

considerada la línea de producción de queso. Utilizo como técnica de recolección de datos a la observación y análisis documental. Tuvo como problema principal la variación en el peso del producto terminado, desperdicios fuera de control y textura no aceptable por el cliente. Como resultado lograron controlar los pesos de los productos terminado en una desviación de 1.35 y 7.52, incrementaron el nivel sigma de 2.01 a 2.54, y redujeron los defectos de 30% a 15%. La investigación concluyó que tanto el chedarizado de la masa, así como el control del pesado fueron las bases críticas de la calidad en su línea de proceso. Además, obtuvieron el 43% de reducción de errores por pesos del producto por lote producido.

Del mismo modo Salazar, Ardilla, y Sánchez (2018) con su tesis, "Implementación de la técnica de six sigma en mejora del proceso empaquetado del molino XYZ". Quien tuvo como propósito mejorar la precisión y exactitud en el peso de los productos empacados. Fue un estudio aplicado. Se desarrolló a través de las etapas de definir, medir, mejorar, analizar y controlar. Así mismo utilizando el programa de minitab para el cálculo de la capacidad del proceso. Los resultados obtenidos fueron el mejoramiento de la capacidad del proceso de 0.20 a 1.01 cp, aumentó el cumplimiento del peso establecido de 30.57% a 95.35% y se disminuyó el producto fuera de las especificaciones de 67.13% a 3.12%. En conclusión, se solucionaron las causas encontradas en el proceso de empaquetado, creando una mejor continua y eliminación de las desviaciones encontradas en el peso del producto empacado de arroz.

Podemos encontrar además como antecedente la investigación de Jiménez Ramos y Martínez Villadiego (2021) donde nos habla sobre, "Implementación de six sigma para la determinación del nivel de calidad del proceso de empaque de harina de maíz en la empresa Soberana SAC". Se planteó el objetivo de determinar el nivel de la calidad del proceso de empaque con la utilización de six sigma. Fue un trabajo aplicado. Utilizo instrumentos como la ficha del estudio de repetibilidad y reproductibilidad para validar los datos de la línea de producción y poder aplicar el diseño de experimentos optando por el mejor método optimización del proceso. El estudio llegó a la conclusión de que al haber implementado aquella metodología se ha logrado hacer mejoras en la capacidad del proceso, y esto es debido a que anteriormente dicho proceso no lograba alcanzar las especificaciones del cliente

para con el producto, evidenciándose en el mejoramiento del nivel six sigma de 3.05 a 3.44 y la reducción de las no conformidades de 71.06% a 45.62%.

Por último, en otra investigación hecha por Cubas (2021) “La metodología six sigma y su efecto en calidad del proceso de servicios de la empresa CJV, Trujillo”. Tuvo como principal objetivo determinar el efecto que produce la aplicación de la metodología six sigma en los costos de servicio de transporte. El estudio fue de tipo aplicado con un diseño experimental. La población estuvo conformada por los costos de servicios de transportes de la empresa y la muestra fueron los costos de servicios de transporte recolectados durante 8 meses, cuatro meses antes y cuatro después de haber aplicado la metodología six sigma. La técnica de recolección de datos fue el análisis documental. Desarrollo las cinco etapas de la metodología six sigma. En la cual se llegó a la conclusión en que la aplicación de la metodología six sigma tuvo un efecto positivo, ya que logró reducir los costos de transporte demostrando un ahorro de S/.19,480.00 nuevos soles, el nivel sigma mejoró de 1.86 a 2.92 y los servicios mal brindados disminuyó de 38% a 9%, es decir disminuyó en un 29%.

De acuerdo con las teorías tenemos a seis sigma tuvo su origen en la empresa Motorola durante los años 1988, Cabe destacar que este método tiene como objetivo el reducir las variaciones que se presentan durante el proceso hasta conseguir 3,4 defectos ppm (partes por millón de oportunidades), tristemente quién estaba a cargo de su diseño, Bill Smith, falleció después de cinco años, justo cuando este método se encontraba en todo el auge de su popularidad (Ortíz Tovar, 2020).

Está de más decir que la reducción de los defectos se consigue con el uso de diferentes métodos estadísticos, gráficos de control, diseños de experimentos, entre otras herramientas estadísticas (Estepa, 2018).

Por ello, para Pohekar y Reosekar (2018) six sigma viene a ser una muy poderosa herramienta que se ha desarrollado con la finalidad de agilizar la mejora en los productos que desarrolla una determinada empresa, así como también se basa en los servicios y procesos de calidad, teniendo como objetivo principal el eliminar los residuos.

Por otro lado, para Lara González, et al., (2020), hacen referencia a six sigma como un excelente método de mejora continua que se centra en la búsqueda de razones por las cuales se originan los errores y poder de esa manera eliminarlos.

Six Sigma viene a ser una innovadora estrategia de mejora para reducir los defectos de cualquier proceso, ya que el mejorar los procesos nos dirige a tener clientes satisfechos, así como aumentar la cuota en el mercado (Pardo Hernández, 2019).

En cuanto a Espejo Fandiño (2020) manifiestan que six sigma es una estrategia de perfeccionamiento de forma continua que indaga las razones por las cuales se originan los errores y poder así eliminarlos.

La metodología six sigma es un completo sistema basado en analizar los datos de examinación de los procesos repetitivos de las industrias; está de más decir que el propósito de este método es el acercar lo máximo posible la calidad hacia la perfección, es decir, reducir al máximo los defectos, logrando así maximizar el éxito de los negocios (Rejikumar, Aswathy y Sreedharan, 2020). Y esto se debe principalmente a que comprende totalmente las necesidades del cliente, además de mejorar los procesos industriales y centrarse principalmente en la gestión, lo que lo distingue de los otros métodos es que el Six Sigma trata de prevenir los problemas antes de que sucedan (Navarro, Gisbert y Perez, 2017).

Existen fases para aplicar la metodología six sigma, las cuales, según Novillo, et al., (2017) son DMAM (Definir, Medir, Analizar, mejorar y controlar) o también llamado en sus siglas en inglés como DMAIC.

Definir, el primer paso para aplicar la metodología six sigma es reconocer los proyectos six sigma que podrían considerarse. Para esto se deben evaluar uno por uno los proyectos que la dirección consideró, tomando en cuenta los recursos que se necesitaran y los posibles resultados que se podrían obtener, finalmente ya seleccionado el proyecto se debe definir los participantes (Tampubolon y Purba, 2021).

Medir, como segundo paso se debe reconocer detalladamente el problema para poder definir los requisitos que los clientes solicitan y de esta manera poder cumplir las especificaciones que se deben ejecutar (Novillo, et al., 2017). Por parte de

Navarro, Gisbert y Pérez (2017) en esta etapa se precisa el procedimiento de medida y se calcula la capacidad del proceso.

Analizar, como tercera fase se debe llevar a cabo una revisión de la información ya sea a través de las últimas datas históricas y poder de esta manera evaluarlas mediante herramientas estadísticas con el fin de examinar la hipótesis (Pohekar y Reosekar, 2018). Para Pardo Hernández (2019), las herramientas que se pueden utilizar de apoyo en esta etapa son, por ejemplo, diagrama de Pareto, gráficos de control, diagramas de flujo, diagrama causa – efecto, AMEF.

Mejorar, esta fase es también denominada la fase implementación, ya que en la cuarta fase los equipos del proyecto pretenden mejorar y optimizar los procesos, sin dejar de lado la inversión que esto puede conllevar (Garza Ríos, et al., 2017). Erdil (2019) menciona que en esta etapa se ponen a prueba y experimentación estadística los procesos, es aquí donde se definen las estrategias para mejorar el cambio.

Controlar, esta quinta y última fase se centra en el diseño de control implementado por la organización para que se pueda garantizar que las mejoras persistan más allá de la implementación, aquí también es importante el impacto que se tuvo en los clientes y la evaluación financiera de la solución (Sharma y Singh, 2020). Sunder y Ganesh (2020) mencionan que en la última fase se debe documentar y diseñar los controles indispensables para que se conserve lo obtenido por el proyecto seis sigma.

La repetibilidad (r) es el promedio de las p varianzas que evalúan la variación interna de toda condición, se le conoce a esto como el ruido presente de la investigación, o en otras palabras, como la variabilidad interna promedio (S_r) (Tampubolon y Purba, 2021).

$$r = \sqrt{[S_r^2]} = \sqrt{[\Sigma SW \frac{2}{p}]}$$

En cuanto a la reproducibilidad (R) es la diferencia de la varianza (S_m^2) de los p promedios, así como también de la varianza del ruido de la investigación (S_r^2) todo esto entre “ n ” menciones de cada una de las condiciones (Bhandari, Badar y Niña 2021).

$$R = \sqrt{[SL 2]} = \sqrt{[Sm2 - Sr \frac{2}{n}]}$$

Así también Camisón, Cruz y González (2017) indican que six sigma se interrelaciona con las 7 herramientas de la calidad y las pone en práctica en toda la empresa, priorizando las actividades que aporten valor agregado al cliente.

Diagrama de Ishikawa o causa – efecto, es un método de análisis gráfico que mantiene la forma de la espina de pescado, el cual relaciona el problema con las posibles causas o efectos que lo conllevan, la importancia de este diagrama se da porque nos guía a la búsqueda de diferentes posibles causas que producen los problemas o el problema principal (Rojas, et al., 2017). Para Sunder y Ganesh (2020) el diagrama de Ishikawa es una forma gráfica de la manera de representar y analizar la relación entre los efectos y posibles causas que lo originan. La manera más habitual que se utiliza para su construcción es el método 6M que radica en conjuntar las potenciales causas en 6 ramas.

Diagrama de flujo de proceso, representación gráfica de una serie de pasos o actividades existentes dentro de un proceso, a través de este diagrama se puede observar la relación que existe entre las diferentes actividades, es por esto que el presente diagrama sirve para analizar y mejorar los procesos (Espejo Fandiño, 2020). Según Lara González, et al., (2020) lo importante del diagrama de procesos es que sea comprensible y útil para la finalidad por la cual se realiza.

Hoja de verificación de datos, formatos para adjuntar datos los cuales deben ser registrados de forma sencilla y a que a su vez visualmente se puedan percibir los resultados, su utilidad consiste en el fortalecimiento del análisis y desempeño de los procesos (Belhadi, et al., 2021).

Diagrama de Pareto, es un diagrama en el que se ordena la importancia de los problemas que existen dentro de un proceso, este mismo se puede analizar mediante un gráfico de barras que consta de una diferencia en los problemas de un 80% a 20% de efecto (Fontalvo, 2017). Por parte Belhadi, et al., 2021. Es factible determinar los porcentajes de las posibles causas mediante la identificación y recepción de datos sobre un proceso, presentando mayor atención a las causas críticas que originan los problemas.

Histograma y tabla de frecuencia, gráfico que representa la distribución de un conjunto de datos o variables que se clasifican según su magnitud. Nos permite poder obtener la forma de la distribución, la tendencia central y la dispersión. Por su parte Estrella Romero (2017) menciona que para facilitar la comprensión y el ordenamiento de los datos estos deben ser presentados de forma resumida y ordenada.

Gráficos de control, es una herramienta que se utiliza sobre todo en procesos industriales, su utilidad consiste en poder averiguar y medir si es que el proceso se mantiene dentro de los límites deseados según los estándares de calidad (Astorga, 2017). Albert, Soler y Molina (2017) mencionan que los gráficos de control tienen como utilidad examinar el nivel de conformidad logrado con respecto a las especificaciones y se usan para revelar la elaboración de servicios o productos en mal estado.

Diagrama de dispersión, es un diagrama que nos permite observar la relación existente entre dos variables numéricas, y su utilidad consiste en analizar la manera en la que estas variables guardan relación (Garza Ríos, et al., 2017). Según Estepa (2018) menciona que con este gráfico se puede reconocer patrones, tendencias o clusters en los datos y además nos revela los valores límites que en algunas situaciones contribuyen en exceso el coeficiente de correlación

Cuando hablamos de calidad hoy, seguramente consideramos de forma inmediata a los servicios o productos que satisfacen los requerimientos de los clientes y que absolutamente volverían a adquirir, sobre todo si recibimos más de lo que pensábamos obtener (Albert, Soler y Molina, 2017).

Con respecto a la calidad del proceso, la definición de sí misma por el ingeniero y estadístico Taguchi es una de las más actuales, en la que hace referencia que la calidad es un producto que busca disminuir al mínimo las pérdidas que una empresa y al mismo tiempo una sociedad puede tener (Botero et al., 2018).

Según Argueta et al. (2018), manifiesta que el packing es el proceso que consiste en preparar mercadería en forma segura, eficiente de tal manera que llegue al cliente en el momento y en las cantidades requeridas.

El proceso de packing, está constituido por unas series de operaciones interconectadas una con otras manteniendo un flujo continuación de la producción, en donde esta tiende a tener una misma finalidad la exportación de productos de calidad (Delgado Vásquez y Taboada Macalopu (2018).

Las empresas que constantemente ofrecen el servicio de packing de calidad, están obligadas a contar con certificaciones, es más aún, si la empresa emite productos a otros países, tiene la obligación de contar con certificaciones internacionales (Garza Ríos, 2017).

En cuanto a un servicio de packing de calidad, se tiene que ver siempre su infraestructura y la capacidad instalada del interior de la empresa, además se urge adaptar las líneas de producción acorde a los requisitos de los mercados internacionales, así como también sus cámaras de frío (Pardo Hernández, 2019).

También hacen mención de que el packing debe estar relacionado con la inocuidad del producto para poder ser exportable, estas deben estar dirigidas conforme a las necesidades del cliente (Erdil, 2019).

La empresa que brinda funciones de servicio de packing, debe contar con un sistema integrado de tecnología e instalaciones, mayormente las agroindustrias son las que llevan a la aplicación de la innovación tecnológica, en su flujo de procesos de su producción (Argueta, 2018).

El empaque debe estar bien definido optando por todas las estrategias y normas de empaque para los productos, como es el tamaño, peso, la clasificación del mismo, cuando se tiene una correcta distribución del área de empaque, ocurrirá menos problemas al momento de posicionar al personal para la ejecución de sus actividades (Naranjo, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación y diseño de investigación

Tipo de investigación:

El tipo de investigación fue aplicada, según Esteban (2018) está basada en la solución de cada inconveniente que se presenta durante el proceso de producción,

cabe destacar que además se centra en la optimización de los procedimientos. Por consiguiente, el estudio fue basado por teorías de six sigma quien se llevó a la práctica para la solución a la problemática, además se puede decir que buscó obtener un mejoramiento de la calidad durante el proceso de empaque de la empresa agroindustrial José y Luis.

Diseño de investigación:

El diseño de la presente investigación fue experimental de tipo pre experimental. Según Hernández y Torres (2018), esta clase diseño de investigación hace mención notoria al manejo de la variable independiente sobre el impacto de la variable dependiente. De tal motivo el estudio se centró en el efecto que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Six sigma

Definición conceptual: Según Roqueme y Suares (2017) denomina a este método como un revolucionario enfoque de gestión, llegando a ser una metodología que es usada como referente a mejorar la satisfacción de las necesidades del cliente.

Definición operacional: Six sigma se encargó de disminuir los errores y lograr satisfacer al cliente, es decir, es la disminución del porcentaje de defectos relacionado con la mejora continua (Roqueme y Suares, 2017).

Según el autor Roqueme y Suares (2017) six sigma puede ser desarrollada a través de las 5 etapas, pero se puede medir a través de la capacidad del proceso y los niveles sigmas en un modo general de la aplicación de las fases, antes y después de haber aplicado una mejora.

Dimensiones e indicadores:

Del mismo modo Cubas Riojas (2021) menciona en su tesis, que six sigma se puede desarrollar y solucionar la problemática a través de las etapas de definir, medir, analizar, mejorar y controlar, pero utilizando solamente indicadores relevantes de six sigma, para ver el comportamiento general de la metodología, es la razón que en esta investigación se midió de la siguiente manera: En la dimensión capacidad del proceso se utilizó como indicador el índice de capacidad potencial del proceso (C_p). En la segunda dimensión, se midió a través del indicador de repetibilidad (r) se promedió las p varianzas que evalúan la variación interna de

toda condición, se le conoce a esto como la variabilidad interna promedio (S_r) y el indicador reproducibilidad (R) se sacó la diferencia de la varianza (S_m^2) de los p promedios, así como también de la varianza del ruido de la investigación (S_r^2) todo esto entre n menciones de cada una de las condiciones.

Escala de medición:

Los indicadores tuvieron una escala de medición de razón.

Variable dependiente: Calidad del proceso

Definición conceptual: Espejo Fandiño (2020) especificaron que tener una calidad de proceso, significa que el diseño tanto de productos como de procesos acredita que la variación de la calidad sea minúscula.

Definición operacional: Este tipo de variable fue expresado en porcentajes (%), además fue estudiada para la obtención de dos indicadores, tales como el cumplimiento de cada uno de los requerimientos, así como también el rendimiento del proceso (Botero et al., 2018).

Dimensiones e indicadores:

Según la dimensión del índice de cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente, fue medido por el indicador, requerimientos cumplidos del cliente sobre requerimiento total del cliente. Y en cuanto al rendimiento del proceso, se midió con el indicador, producción al inicio del proceso kg/semanal/ menos producción desechada con defectos kg/semanal todo sobre producción al inicio el proceso kg/semanal.

Escala de medición:

Los indicadores tuvieron una escala de medición de razón.

En anexo 1 se muestra la matriz de operacionalización de las variables.

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población:

Según Bernal (2020) señala que la población se realiza mediante los elementos, unidades de muestreo, alcance y tiempo.

De tal forma la población se definió de la siguiente forma: Todos los procesos de empaque.

Criterios de inclusión: Se caracteriza por considerarse en el estudio para una buena obtención de datos, por lo tanto, se consideró, Los procesos del área de empaque de la palta.

Criterios de exclusión: son aquellos criterios que no se toman en cuenta porque de una manera alteraría los resultados. No se consideró los otros procesos de la empresa de otras diferentes frutas, porque no presentan problemas significantes como del proceso de la palta.

Muestra: Fue igual a la población.

Muestreo: Fue no probabilístico por conveniencia.

Unidad de análisis: La unidad de análisis fue un proceso del área de empaque de la palta.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección

Técnicas de recolección de datos:

Según Letón Molina (2018) se centra en examinar con cuidado el caso o hecho, adquirir los datos y posteriormente registrar todo para su debido estudio. Por ende, en el estudio se aplicó la técnica de la observación directa y el análisis documental.

Instrumento de recolección de datos:

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron fueron la ficha de registro de diagnóstico que afecta a la calidad del proceso, ficha de registro del cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente, la ficha de registro del rendimiento del proceso, ficha de registro de datos para el estudio de R&R y la ficha de registro de datos para la medición de la capacidad de proceso.

Validez

Se debe mencionar que la validez del instrumento se ha realizado a través de la valoración de especialistas durante el desarrollo del proyecto de investigación con el fin de alcanzar una estimación sucesiva y modificar lo que se necesite con el propósito de avalar la aceptación de la investigación. Con la culminación de la matriz de operacionalización, se presentó para cada especialista un formato de validación, donde su contenido expuso tanto las variables dependientes, como las independientes, así mismo se detalló las dimensiones e indicadores de cada una, las cuales se pueden apreciar en los anexos.

La validación de los instrumentos, se puso a disposición de tres docentes de la Universidad César Vallejo- Sede Chepén, específicamente de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial.

| Nombres y Apellidos | Título o Grado | Juicio de Experto |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Mg. Carlos José Sandoval Reyes | Ingeniero Industrial | Aplicable |
| Mg. Gaspar Marlon Lozada Castillo | Ingeniero Industrial | Aplicable |
| Mg. Luz Angelita Moncada Vergara | Ingeniero Industrial | Aplicable |

3.5 Procedimientos

Se realizó una coordinación previa con el representante de la empresa, quien nos facilitó el acceso a las instalaciones e información, se recopiló mediante las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los cuales se establecieron teniendo en cuenta los objetivos específicos, para realizar un diagnóstico de la calidad actual del proceso de empaque. Se utilizó la ficha de registro de diagnóstico que afecta a la calidad del proceso (anexo 2), que con la ayuda de este instrumento sirvió para detectar todas las causas potenciales, la ficha de registro del cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente (anexo 3), se utilizó para saber en que porcentaje se encuentra de cumplimiento y la ficha de registro del rendimiento del proceso (anexo 4), permitió evaluar el estado inicial de la calidad del proceso.

En el segundo objetivo se aplica Six Sigma a través de sus herramientas de mejora, basándose en sus etapas de desarrollo y herramientas como el diagrama de Pareto, Ishikawa y teniendo en cuenta la técnica del análisis documental empleando las fichas de registro de datos para el estudio de R&R (anexo 5) y la ficha de registro de datos para la medición de la capacidad de proceso (anexo 6), sirvieron para recolectar información con el fin de lograr medir los indicadores de la variable six sigma.

Y el tercer objetivo fue medir la calidad del proceso de empaque después de haber aplicado six sigma en la empresa, para ello se volvió a utilizar los mismos instrumentos de recolección de datos para determinar el efecto.

3.6 Métodos de análisis de datos

En el desarrollo del proyecto se utilizó la estadística inferencial y descriptiva dentro del procedimiento de los resultados. Según Bustamante Abanto (2018), específica

que la estadística descriptiva se encarga de la estimación de las principales medidas que han sido determinadas por una variable en específico, la cual la representa con precisión. La interpretación de los resultados se dio mediante tablas de frecuencias, gráficos, medidas de dispersión y de varianza.

Según Carbajal Suárez, Carrillo Macario y Jesús Almonte (2018) la estadística inferencial es usada para poner a prueba la hipótesis y así lograr la estimación de los parámetros. Para la comprobación de la hipótesis se pueden llevar a cabo dos diferentes clases de análisis estadísticos. Para Letón Molina (2018) la prueba estadística que se utiliza para determinar la diferencia significativa entre dos tipos de grupos en torno a sus medias en una determinada variable. Para efectuar la comparación debe hacerse sobre la variable dependiente.

El método estadístico que se utilizó en la validación de la hipótesis fue el estudio de shapiro wilk por tener datos menores a 50, se realizó la prueba t-Student y Wilcoxon de acuerdo al nivel de significancia. Cabe destacar que una variable dependiente viene a ser la razón exacta por la cual se crean los grupos.

3.7 Aspectos éticos

Cabe destacar que el presente proyecto está respetando los derechos de autor de cada tesis, artículo y libro, los cuales han servido de ayuda en la realización del estudio, además han sido correctamente citados bajo la norma ISO, toda la información obtenida en la investigación será guardada de manera confidencial, respetando y teniendo un juicio crítico.

IV. RESULTADOS

Diagnóstico de la calidad actual del proceso de empaque

Con las coordinaciones respectivas se visitó las distintas áreas del proceso, haciendo la evaluación se diagnosticó que el problema principal que estaba afectando a la empresa fue el incumplimiento de calidad de la fruta, por lo que se recogió la información durante las actividades realizadas en packing y se identificó las razones que afectaron a una baja calidad, estas se detallan en la figura 1.

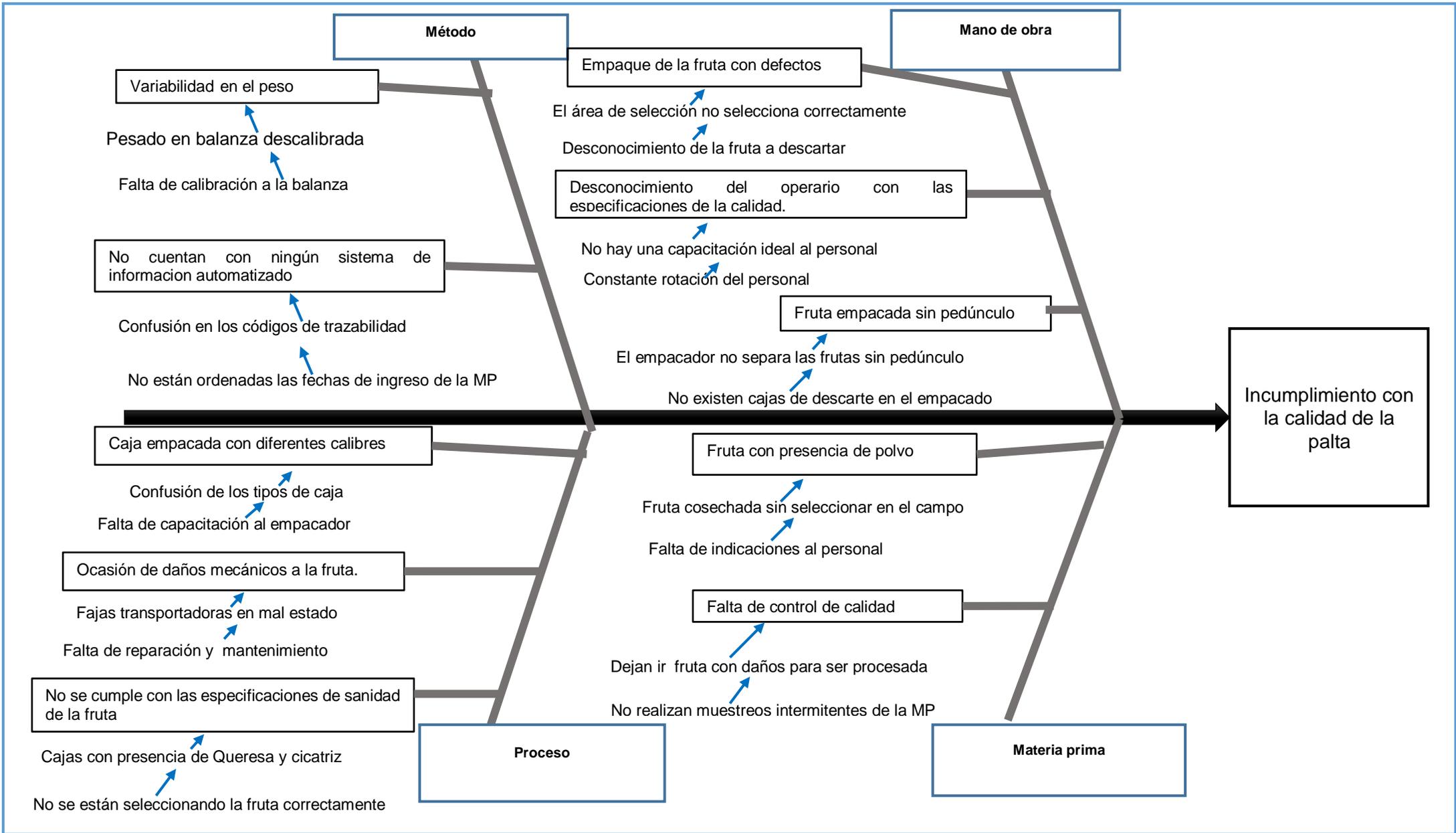


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

Se realizó una encuesta a todos los colaboradores del área de empaque para determinar las principales causas que influyen en la calidad de la palta. Las preguntas fueron sí o no, solamente se consideraron como frecuencia en la tabla 1 todas las respuestas si, por ejemplo, en la variabilidad en el peso 63 personas indicaron que si existen variabilidad en el peso. Ya que al ser una respuesta positiva estaría afectando a la calidad del proceso de empaque.

Durante el tiempo de recolección de la información se presentaron varias causas ya que, al momento de obtener la frecuencia, fue ordenado de mayor a menor, los resultados de las frecuencias de cada causa se evidencian en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Causas del incumplimiento con la calidad de la palta

| N° | Causas | Frecuencia | (%) |
|-----------|---|-------------------|------------|
| C-01 | Variabilidad en el peso | 63 | 22% |
| C-02 | Caja empacada con diferentes calibres | 54 | 19% |
| C-03 | No se cumple con las especificaciones de sanidad de la fruta | 48 | 17% |
| C-04 | Fruta empacada sin pedúnculo | 37 | 13% |
| C-05 | Empaque de la fruta con defectos | 25 | 9% |
| C-06 | Fruta con presencia de polvo | 20 | 7% |
| C-07 | Ocasión de daños mecánicos a la fruta en la línea del proceso | 18 | 6% |
| C-08 | Desconocimiento del operario con las especificaciones de la calidad | 12 | 4% |
| C-09 | Falta de control de calidad | 8 | 3% |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior cada causa fue evaluada y representada en un diagrama de Pareto donde se muestra la priorización del impacto generado a la calidad.

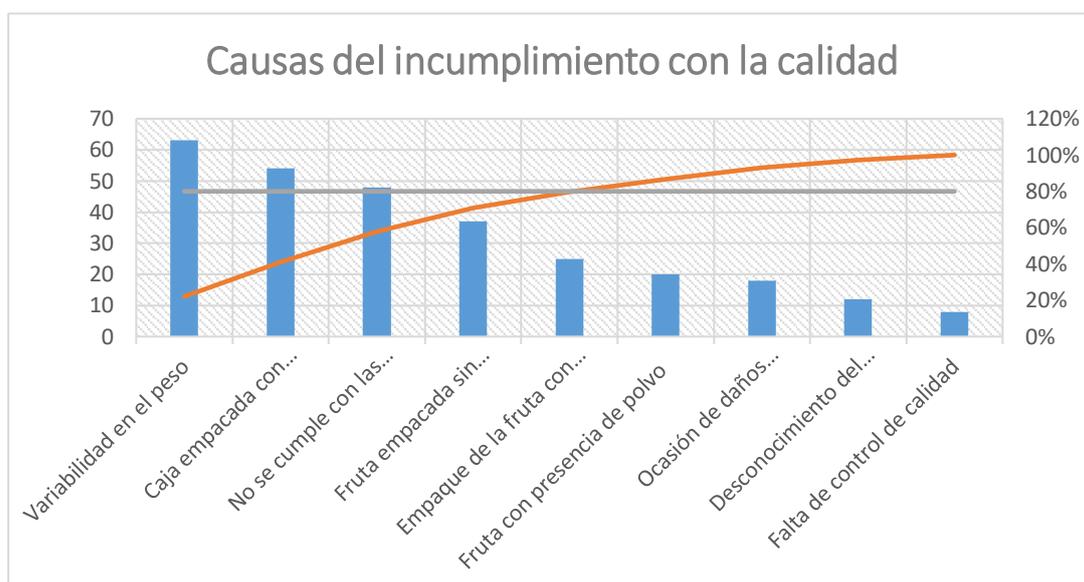


Figura 2. Causas del incumplimiento con la calidad

Se puede observar en el diagrama que los factores que tienen mayor incidencia al 80% en el incumplimiento de la calidad son: Variabilidad en el peso, caja empacada con diferentes calibres, no se cumple con las especificaciones de sanidad de la fruta, fruta empacada sin pedúnculo y empaque de la fruta con defectos.

Se diseñó un diagrama de flujo para el conocimiento y análisis del proceso productivo de la palta.

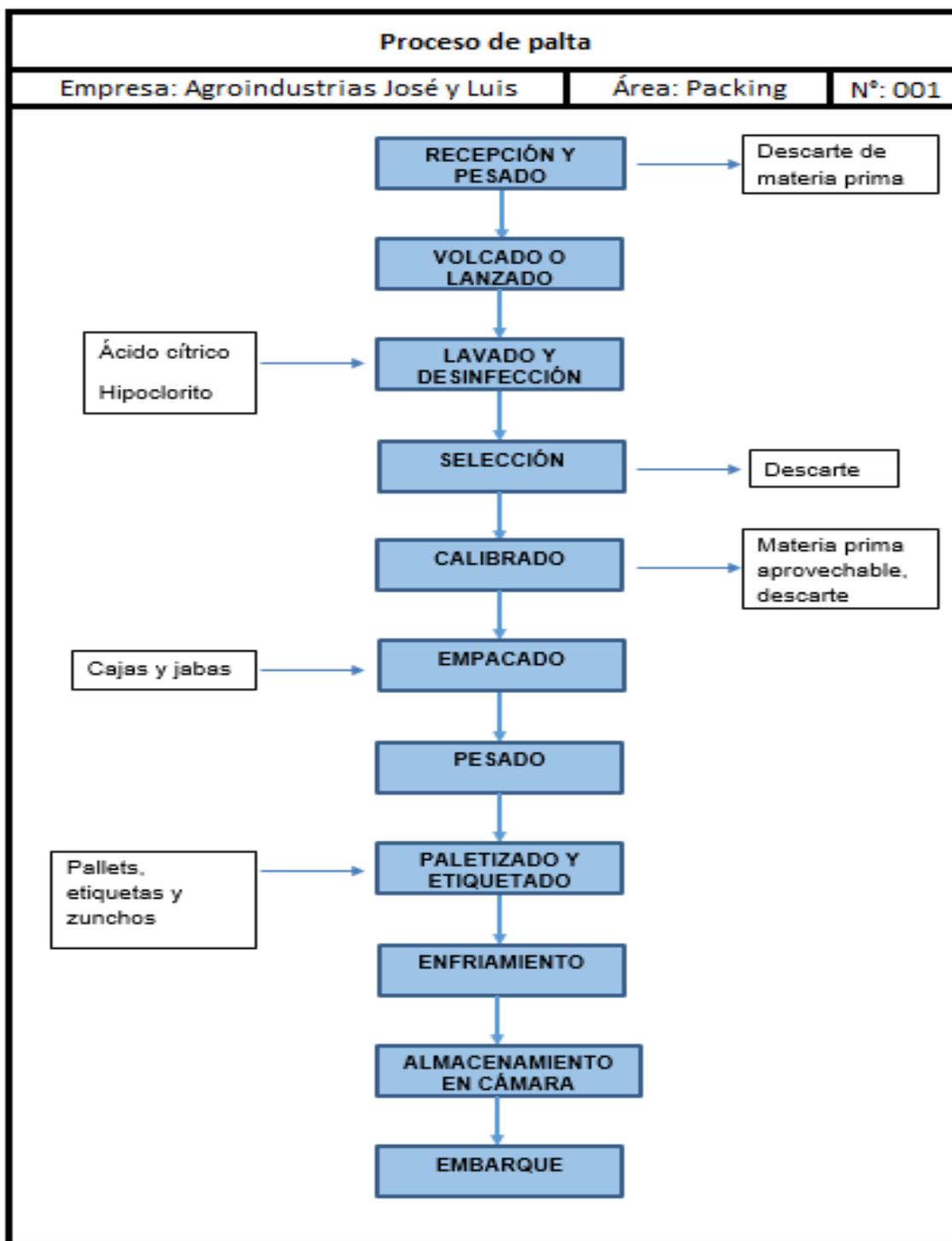


Figura 3. Proceso de palta
Fuente: Elaboración propia

Se realizó una tabla sobre los requerimientos exigidos por el cliente, donde una acumulación de requerimiento no cumplidos se ejerce una sanción a la empresa, por estar exportando productos de mala calidad.

Tabla 2. Requerimientos del cliente

| | Factor | Objetivo | Especificaciones |
|----|---|---|---|
| 1 | Peso | 4.400 kilos | 4.100-4.700 kilos |
| 2 | Presencia de queresas | 2% | No debe exceder del 4%, para Europa no debe superar una superficie mayor el dedo pulgar |
| 3 | Rameado | 8 % | No deberá exceder la cicatriz una pulgada cuadrada total del fruto. |
| 4 | Carencia de sol | 8% | No deberá exceder del 10% de la superficie total del fruto. |
| 5 | Quemadura de sol | 8% | No deberá exceder del 10% de la superficie total del fruto (el amarillo intenso no es aceptable y el verdoso es tolerable). |
| 6 | Presencia de polvo | 15 % | No deberá exceder del 30% de la superficie total del fruto. |
| 7 | Daño de lenticela | No deberá exceder del 10% de la superficie total del fruto | |
| 8 | Presencia de quimera encrespamiento | No es aceptable ninguno de los casos | |
| 9 | Presencia de fumagina | No es aceptable ninguno de los casos | |
| 10 | Cicatrices y rozaduras | No deberá exceder una superficie de una pulgada cuadrada | |
| 11 | Picadura por insecto | No deberá exceder una superficie de una pulgada cuadrada | |
| 12 | Daño por bicho del cesto | No es aceptable ninguno de los casos | |
| 13 | Presencia de heces de aves | No es aceptable ninguno de los casos | |
| 14 | Daño por trhips | No deberá exceder del 10% de la superficie total del fruto. | |
| 15 | No es aceptable una fruta roja (daño fisiológico) | | |
| 16 | Fruta sin pedúnculo | | |
| 17 | Fruta sin virus (sun blot) | | |
| 18 | Mal estado de las cajas | No es aceptable ninguno de los casos | |

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores evaluados de la calidad durante el proceso.

Se realizó la medición del cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente, donde se tomaron en cuenta 25 días, para ello se realizó una inspección a 10 cajas empacadas por día las cuales estaban listas para exportar, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente

| Día | N° de requerimientos del cliente | N° de requerimientos cumplidos | Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente (%). |
|----------|----------------------------------|--------------------------------|--|
| 1 | 18 | 16 | 89% |
| 2 | 18 | 13 | 72% |
| 3 | 18 | 15 | 83% |
| 4 | 18 | 12 | 67% |
| 5 | 18 | 14 | 78% |
| 6 | 18 | 15 | 83% |
| 7 | 18 | 15 | 83% |
| 8 | 18 | 15 | 83% |
| 9 | 18 | 13 | 72% |
| 10 | 18 | 15 | 83% |
| 11 | 18 | 12 | 67% |
| 12 | 18 | 16 | 89% |
| 13 | 18 | 13 | 72% |
| 14 | 18 | 14 | 78% |
| 15 | 18 | 12 | 67% |
| 16 | 18 | 15 | 83% |
| 17 | 18 | 13 | 72% |
| 18 | 18 | 16 | 89% |
| 19 | 18 | 13 | 72% |
| 20 | 18 | 17 | 94% |
| 21 | 18 | 13 | 72% |
| 22 | 18 | 13 | 72% |
| 23 | 18 | 15 | 83% |
| 24 | 18 | 16 | 89% |
| 25 | 18 | 14 | 78% |
| Promedio | 18 | 14.2 | 79% |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede determinar que el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente en promedio sólo fue cumplido el 79%.

Así mismo se evaluó el rendimiento del proceso durante 4 meses, las cantidades de la producción tanto de materia prima como de descarte fueron facilitadas por la empresa donde se resumió la producción en semanas, los resultados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Rendimiento del proceso

| Mes | Semanas | Producción inicial (kg) | Descarte de producción en selección (kg) | Descarte de producción en empaque (kg) | Descarte de producción por fallas mecánicas (kg) | Descarte de frutas en piso (kg) | Cajas descartadas por calidad (kg) | Total de cantidad de fruta de descarte (kg) | Rendimiento del proceso (kg) |
|----------|---------|-------------------------|--|--|--|---------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------|
| Febrero | 1 | 72911.00 | 4449.00 | 2478.97 | 2624.80 | 2770.62 | 1604.04 | 13927.43 | 81% |
| | 2 | 84554.00 | 4483.00 | 2874.84 | 3043.94 | 3213.05 | 1860.19 | 15475.02 | 82% |
| | 3 | 74724.00 | 3304.00 | 2540.62 | 2690.06 | 2839.51 | 1643.93 | 13018.12 | 83% |
| | 4 | 79345.00 | 3335.00 | 2697.73 | 2856.42 | 3015.11 | 1745.59 | 13649.85 | 83% |
| Marzo | 1 | 81515.00 | 3808.00 | 2771.51 | 2934.54 | 3097.57 | 1793.33 | 14404.95 | 82% |
| | 2 | 84949.00 | 4325.00 | 2888.27 | 3058.16 | 3228.06 | 1868.88 | 15368.37 | 82% |
| | 3 | 81771.00 | 3837.00 | 2780.21 | 2943.76 | 3107.30 | 1798.96 | 14467.23 | 82% |
| | 4 | 76985.00 | 2960.00 | 2617.49 | 2771.46 | 2925.43 | 1693.67 | 12968.05 | 83% |
| Abril | 1 | 82497.00 | 3941.00 | 2804.90 | 2969.89 | 3134.89 | 1814.93 | 14665.60 | 82% |
| | 2 | 71180.00 | 3233.00 | 2420.12 | 2562.48 | 2704.84 | 1565.96 | 12486.40 | 82% |
| | 3 | 76783.00 | 3116.00 | 2610.62 | 2764.19 | 2917.75 | 1689.23 | 13097.80 | 83% |
| | 4 | 70206.00 | 3705.00 | 2387.00 | 2527.42 | 2667.83 | 1544.53 | 12831.78 | 82% |
| Mayo | 1 | 78283.00 | 2741.00 | 2661.62 | 2818.19 | 2974.75 | 1722.23 | 12917.80 | 83% |
| | 2 | 77506.00 | 4441.00 | 2635.20 | 2790.22 | 2945.23 | 1705.13 | 14516.78 | 81% |
| | 3 | 73247.00 | 4209.00 | 2490.40 | 2636.89 | 2783.39 | 1611.43 | 13731.10 | 81% |
| | 4 | 75703.00 | 3116.00 | 2573.90 | 2725.31 | 2876.71 | 1665.47 | 12957.40 | 83% |
| promedio | | 77634.94 | 3687.69 | 2639.59 | 2794.86 | 2950.13 | 1707.97 | 13780.23 | 82% |

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que el rendimiento del proceso durante la producción fue de 82% en promedio semanal, lo que respecta que no está siendo eficiente con el proceso de la materia prima, ocurriendo grandes cantidades de fruta de descarte en un promedio de 13780.23 kg semanales.

Para la aplicación de Six Sigma se aplicó a través de las 5 etapas de la metodología:

Primera etapa definir: En esta etapa se realizó un project charter que consiste en resumir el alcance del proyecto, además se definió la problemática, los objetivos por lograr y el equipo de trabajo.

Tabla 5. *Project charter seis sigma*

| Marco del proyecto seis sigma | | | |
|--|--|----------------|------------|
| Propósito: | Mejorar la calidad del proceso de empaque. | | |
| Necesidades de la empresa a ser atendidas: | La empresa tuvo la necesidad de solucionar los problemas ocasionados en el área de empaque durante el proceso de producción, como disminuir la variabilidad del peso de la palta, ya que es un tema que está afectando al cliente y presenta disconformidad. Y además durante el proceso de empaque se está empacando una fruta que no cumple con las especificaciones de calidad por lo que existen grandes cantidades de fruta como descarte y rechazo de cajas empacadas. | | |
| Declaración del problema: | Durante el proceso de producción, ocurren problemas al empacar la fruta, donde la producción está siendo afectada por una mala calidad de la palta al empacar una fruta que no cumple con los requerimientos de calidad. | | |
| Objetivo: | Mejorar la calidad del proceso de empaque y producción y cumpliendo con una fruta de calidad. | | |
| Alcance: | Estará encargado de abordar los problemas presentados desde la recepción de la materia prima hasta la obtención de la fruta empacada y supervisada por calidad. | | |
| Equipo de trabajo: | Participantes | Rol del equipo | Dedicación |
| | Jefe de planta | Champion | 20% |
| | Jefe de calidad | Green Belt | 15% |
| | Supervisor de línea de empaque | Colaborador | 15% |
| | Inspector | Green Belt | 20% |
| | Investigadores | Colaborador | 20% |
| Métricas: | PPM, Cp y nivel sigma. | | |
| Fecha de inicio del proyecto: | 1 de junio | | |
| Fecha planeada para finalizar el proyecto: | 2 de diciembre | | |
| Entrega del proyecto: | 6 de diciembre | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se definió los requerimientos del cliente en total fueron 18 requerimientos, de las cuales el más importante y justamente no se estuvo cumpliendo fue el tema del peso de la fruta, que tenía que estar en un rango de 4.100-4.700 kilos por caja.

Segunda etapa medir:

Es importante que para el avance del proyecto se tenga un sistema de medición confiable. Por esa razón se realizó un estudio de repetibilidad y reproducibilidad, el cual permitió ver el error del sistema de medición. Se utilizaron 20 cajas empacadas de palta, con dos operarios que realizaban el pesado, cada uno hizo dos evaluaciones del peso en kilos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Datos para el estudio de R&R

| N° cajas | Operario 1 | | Operario 2 | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Evaluación 1 | Evaluación 2 | Evaluación 1 | Evaluación 2 |
| 1 | 4.520 | 4.700 | 4.625 | 4.530 |
| 2 | 4.900 | 4.800 | 4.750 | 4.810 |
| 3 | 4.520 | 4.560 | 4.530 | 4.530 |
| 4 | 3.980 | 3.850 | 3.730 | 3.783 |
| 5 | 4.510 | 4.650 | 4.540 | 4.540 |
| 6 | 4.490 | 4.480 | 4.470 | 4.470 |
| 7 | 4.180 | 4.390 | 4.290 | 4.360 |
| 8 | 3.700 | 3.800 | 3.900 | 3.767 |
| 9 | 4.550 | 4.530 | 4.355 | 4.550 |
| 10 | 4.110 | 4.640 | 4.120 | 4.130 |
| 11 | 4.100 | 4.300 | 4.150 | 3.900 |
| 12 | 4.430 | 4.570 | 4.540 | 4.440 |
| 13 | 4.490 | 4.450 | 4.470 | 4.450 |
| 14 | 4.760 | 4.880 | 4.790 | 4.770 |
| 15 | 4.120 | 4.370 | 4.150 | 4.330 |
| 16 | 4.410 | 4.450 | 4.440 | 4.440 |
| 17 | 3.899 | 3.901 | 3.892 | 4.980 |
| 18 | 4.690 | 4.700 | 4.695 | 4.670 |
| 19 | 4.500 | 4.770 | 4.330 | 4.550 |
| 20 | 4.650 | 4.990 | 4.649 | 4.840 |

Fuente: Elaboración propia

Podemos analizar visualmente los resultados de la tabla anterior hay una diferencia en los resultados de las mediciones entre los dos operadores, por ejemplo, en la caja N° 10, el operario 1 reporta valores cercanos a 4.700, mientras que los del operador 2, son cercanos a 4.200.

En la figura 3 se muestran un análisis gráfico de los datos de la tabla 5, donde se confirma lo que se comentó antes, donde los operadores estaban reportando diferentes mediciones.



Figura 4. Estudio de R&R

Fuente: Software Minitab 19

Se puede concluir que el sistema de medición tiene un desempeño inadecuado ya que los índices del %varianza de estudio es de 41.79 lo cual es mayor al 30%, así mismo se determinó que el problema estuvo en la repetibilidad ya que de 41.79 de la variación total todo le pertenece a la repetibilidad.

En tal sentido se puede afirmar que el instrumento de medición no estaba calibrado, presentando errores en la medición del peso de las cajas empacadas.

El sistema de medición es inaceptable tanto para controlar el proceso y para cumplir con las especificaciones de peso de la palta, de tal manera que este primer estudio de R&R no pasa.

Por ello, se realizó una programación para calibrar las balanzas del proceso de producción, mejorando la medición y exactitud del peso.

Luego se volvió a realizar un nuevo estudio de R&R. La toma de los subgrupos de mediciones se encuentra en la parte de los anexos, en la siguiente figura se muestran los resultados.

| Componentes de la varianza | | | Evaluación del sistema de medición | | |
|----------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------|--|
| Fuente | CompVar | %Contribución (de CompVar) | Fuente | Desv.Est. (DE) | Var. estudio estudio (6 × DE) (%VE) |
| Gage R&R total | 0.0046906 | 6.09 | Gage R&R total | 0.068488 | 0.41093 24.68 |
| Repetibilidad | 0.0046325 | 6.02 | Repetibilidad | 0.068062 | 0.40837 24.53 |
| Reproducibilidad | 0.0000581 | 0.08 | Reproducibilidad | 0.007622 | 0.04573 2.75 |
| Parte a parte | 0.0723052 | 93.91 | Parte a parte | 0.268896 | 1.61338 96.91 |
| Variación total | 0.0769958 | 100.00 | Variación total | 0.277481 | 1.66489 100.00 |

Figura 5. Resultados del nuevo estudio de R&R

Fuente: Software Minitab 19

En el segundo estudio las mediciones presentan una mayor coincidencia entre las mediciones de ambos operadores, obteniendo un %de variación de estudio de 24.68%, lo cual es menor al 30% y el %de contribución fue del 6.09% esto es menor al 10%. Por lo tanto, es aceptable el estudio de R&R, en donde nos permite continuar con el proyecto ya que el sistema de medición es confiable para realizar mejoras.

Se presentó una gráfica de control, con un tamaño de 40 subgrupos para ver la estabilidad del proceso.

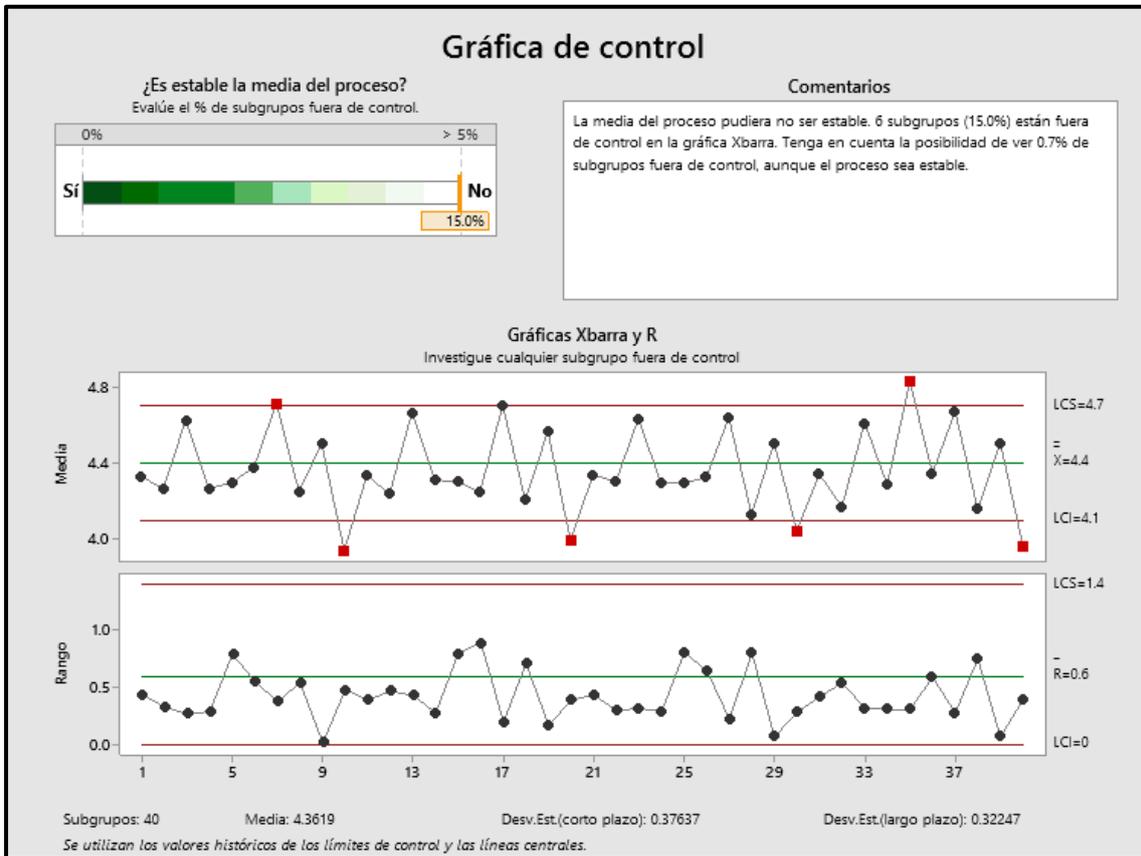


Figura 6. Gráfica de control antes de la mejora
Fuente: Software Minitab 19

La gráfica nos muestra que el proceso es inestable en cuanto a la tendencia central, teniendo de los 40 valores 6 fuera de los límites de control, lo que significa que existe una inestabilidad del 15%.

Se realizó la capacidad del proceso a través de las cajas empacadas ya que fue el resultado final del proceso, teniendo en cuenta su EI=4.100 kilos y ES=4.700 kilos, el número de muestra fue 31 subgrupos, con tamaño 4, realizadas por dos operarios con dos evaluaciones, los resultados se muestran en la siguiente figura.

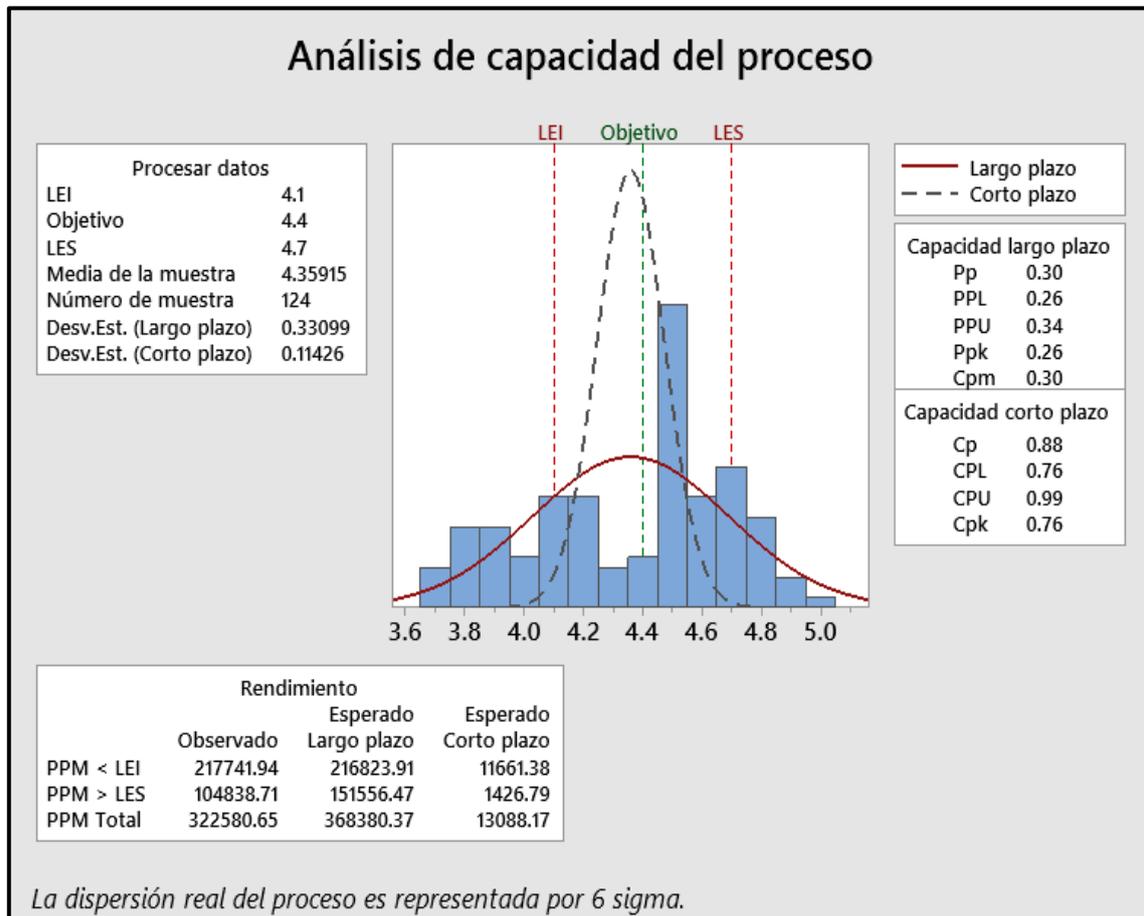


Figura 7. Histograma de la capacidad del proceso.
Fuente: Software Minitab 19

El histograma demuestra que los datos en su mayoría estuvieron fuera del objetivo y enfocados en la especificación inferior., además se encontró que el valor de la capacidad del proceso fue de 0.88 lo que significa que es menor de 1, esto quiere decir que el proceso no estuvo centrado resultando ser inadecuado para el proceso de producción.

El nivel sigma del proceso:

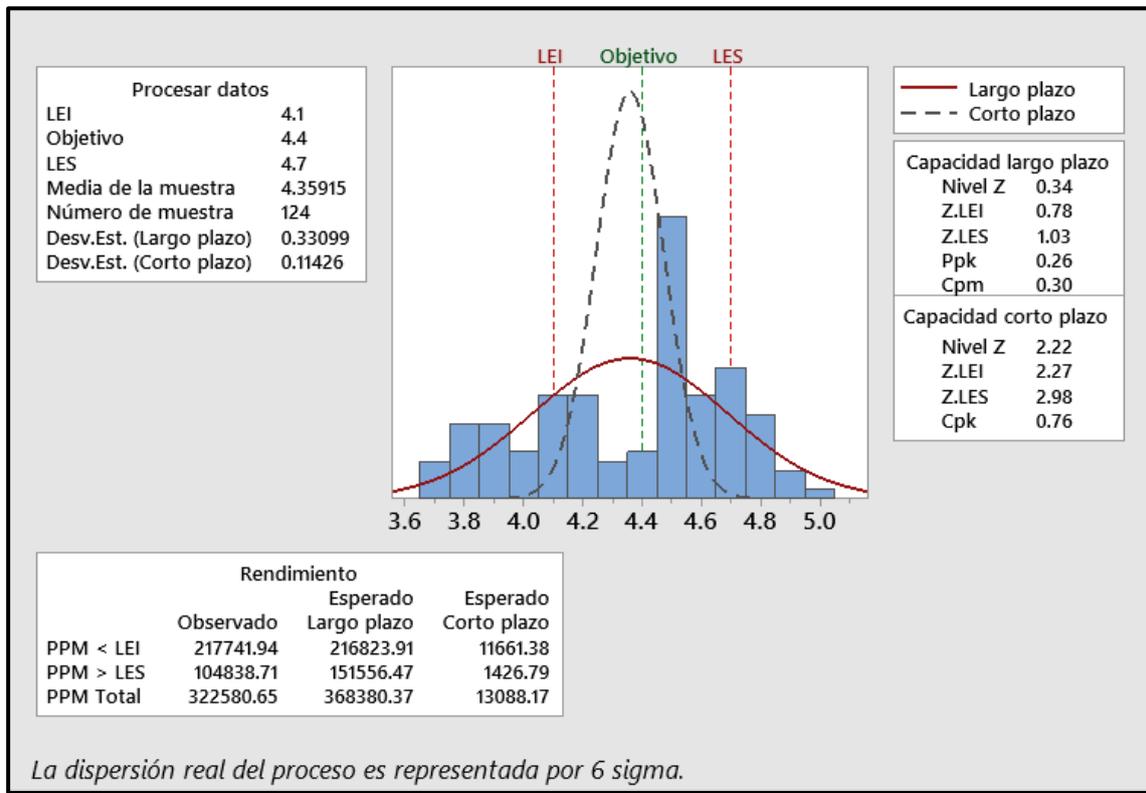


Figura 8. Nivel sigma

Fuente: Software Minitab 19

Podemos deducir que el nivel sigma es de 2.22 (Nivel Z), obteniendo una gran cantidad de defectos expresados en partes por millón de 322580.65 cajas que no pueden ser exportadas debido al incumplimiento con las especificaciones.

Tercera etapa analizar:

Se identificó el problema que está afectando al proceso de empaque, donde se detalla en la siguiente tabla las causas encontradas.

Tabla 7. Causas del incumplimiento con la calidad de la palta

| N° | Causas | Frecuencia | Porcentaje (%) |
|-----------|---|-------------------|-----------------------|
| C-01 | Variabilidad en el peso | 63 | 22% |
| C-02 | Caja empacada con diferentes calibres | 54 | 19% |
| C-03 | No se cumple con las especificaciones de sanidad de la fruta | 48 | 17% |
| C-04 | Fruta empacada sin pedúnculo | 37 | 13% |
| C-05 | Empaque de la fruta con defectos | 25 | 9% |
| C-06 | Fruta con presencia de polvo | 20 | 7% |
| C-07 | Ocasión de daños mecánicos a la fruta en la línea del proceso | 18 | 6% |
| C-08 | Desconocimiento del operario con las especificaciones de la calidad | 12 | 4% |
| C-09 | Falta de control de calidad | 8 | 3% |

Fuente: Elaboración propia

Así mismo de la tabla anterior, se representó en un diagrama de Pareto en la cual se muestra en la siguiente figura.

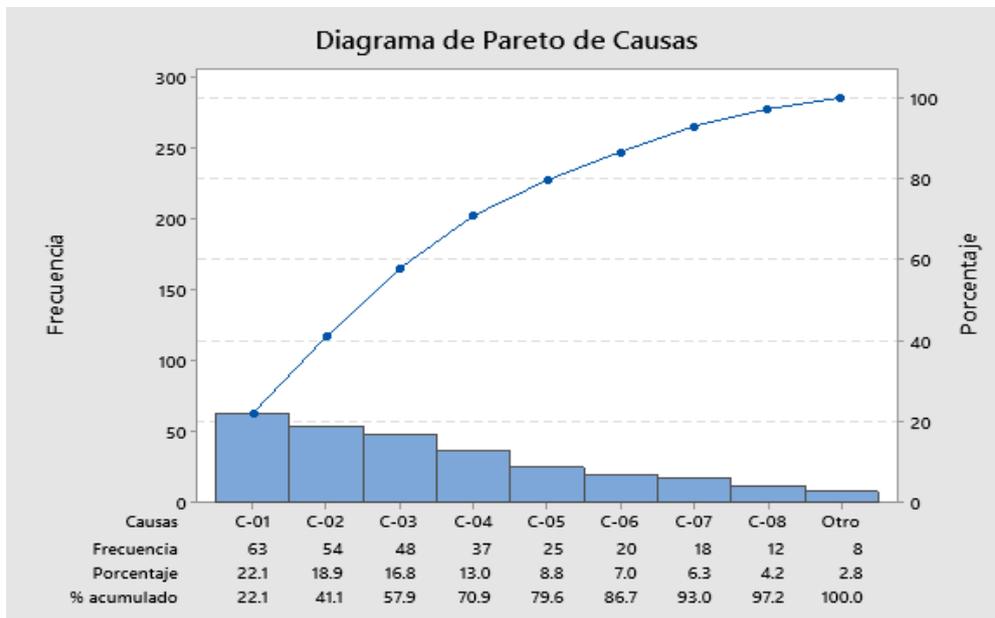


Figura 9. Pareto de efecto de las causa
Fuente: Software Minitab 19

De la figura anterior se observó que la causa principal que genera mayor impacto y hace que el proceso de producción pierda valor y no cumpla con la calidad esperada es la variabilidad en el peso.

Cabe resaltar que, si una caja empacada de palta contiene un peso menor a la especificación inferior establecida por el cliente, el cliente piensa que la empresa le está robando en el peso, por lo tanto, cuando existen pesos inexactos cliente inmediatamente reporta y sanciona a la empresa, por no cumplir con el acuerdo de los requerimientos.

Se analizó a través de un diagrama de Ishikawa la variabilidad en el peso de la palta empacada:

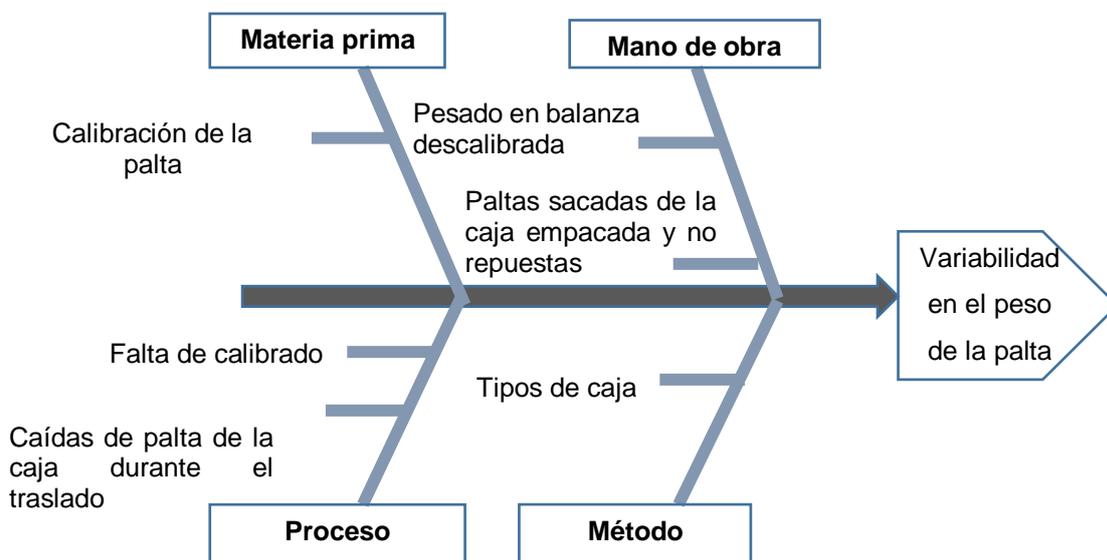


Figura 10. Causas encontradas en la variabilidad en el peso

De la figura anterior la causa Pesado en balanza descalibrada fue producto a la falta de seguimiento y control a la calibración de las balanzas y además la falta de un programa de desarrollo para reentrenar al operario en el pesado de las cajas.

Con respecto a la causa de las paltas sacadas de la caja empacada y no repuesta, ocurrían cuando algunas cajas empacadas contenían paltas con algún tipo de defectos o daños, las cuales eran sacadas en el área de paletizado con el fin de que no vaya al cliente final, pero esto afectó a la variabilidad del peso de la caja debido a que no se reponía las paltas sacadas.

Y por último la causa de las caídas de palta de la caja durante el traslado, también ocasionó una variación en el peso ya que al momento del traslado por la faja transportadora ocurrió aglomeración de las cajas ocasionando un choque entre ellas haciendo caer paltas de las cajas empacadas al piso, yendo así de incompletas las cajas al cliente final.

Se realizó una correlación de Pearson a las causas calibración y tipo de caja. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 1. *Correlaciones de los factores*

| Muestra 1 | Muestra 2 | Correlación | IC de 95% para ρ | Valor p |
|-------------------------|----------------------------|--------------------|---|----------------|
| Calibración de la palta | Peso | 0.778 | (0.459, 0.919) | 0.000 |
| Tipo de caja | Peso | 0.882 | (0.686, 0.959) | 0.000 |
| Tipo de caja | Calibración de la palta | 0.882 | (0.686, 0.959) | 0.000 |

Fuente: Software Minitab 19

De la tabla anterior se puede observar que hay una relación alta entre los tres factores, tal el caso de la calibración de la palta y tipo de caja presentan una relación de 78% y 88% respectivamente.

Una vez detectado las causas que provocan una variabilidad en el peso, se concluye que diferentes calibraciones de la palta en una caja empacada mayor variabilidad en el peso y paltas empacadas de un solo tamaño en diferentes tipos de caja también conlleva a una variación en el peso.

Cuarta etapa mejora:

Se realizó un diseño de experimentos para los factores de calibración de la palta y tipo de caja, para ello se clasificó los siguientes niveles.

Tabla 9. *Niveles de los factores*

| Valores de niveles calibración de la palta | | | |
|--|-------------|---------------------|---|
| Nivel | Descripción | Calibre de la palta | Nota |
| 1 | Alto | 12 | La palta de calibre 12 es más pequeña que la palta de calibre 10. |
| 2 | Bajo | 10 | |
| Valores de tipo de caja | | | |
| Nivel | Descripción | Tipos de caja | Nota |
| 1 | Alto | 2 | Existen dos tipos de empaque: Caja cartón y caja de plástico. |
| 2 | Bajo | 1 | |

Fuente: Elaboración propia

Con los niveles definidos se realizó el diseño factorial en una cantidad de 16 datos cambiando entre los dos factores, donde cada combinación se aplicó en el proceso de empaque de la empresa, conforme se iban desarrollando las combinaciones se registró los pesos de las cajas empacadas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla en la columna peso.

Tabla 2. Diseño factorial

| Orden Corrida | Bloques | Calibración de la palta | Tipo de caja | Peso |
|---------------|---------|-------------------------|--------------|--------------|
| 1 | 1 | 12 | 1 | 4.520 |
| 2 | 1 | 12 | 1 | 4.540 |
| 3 | 1 | 12 | 2 | 4.400 |
| 4 | 1 | 12 | 1 | 4.520 |
| 5 | 1 | 10 | 2 | 4.700 |
| 6 | 1 | 10 | 1 | 4.100 |
| 7 | 1 | 10 | 2 | 4.700 |
| 8 | 1 | 10 | 1 | 4.200 |
| 9 | 1 | 12 | 2 | 4.400 |
| 10 | 1 | 10 | 2 | 4.700 |
| 11 | 1 | 12 | 2 | 4.000 |
| 12 | 1 | 12 | 1 | 4.535 |
| 13 | 1 | 10 | 1 | 4.120 |
| 14 | 1 | 10 | 2 | 4.723 |
| 15 | 1 | 10 | 1 | 4.125 |
| 16 | 1 | 12 | 2 | 4.400 |

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados anteriores se realizó un análisis factorial, donde nos permite explicar que los factores estuvieron comprometidos en un 99.36% con el peso de caja de la palta.

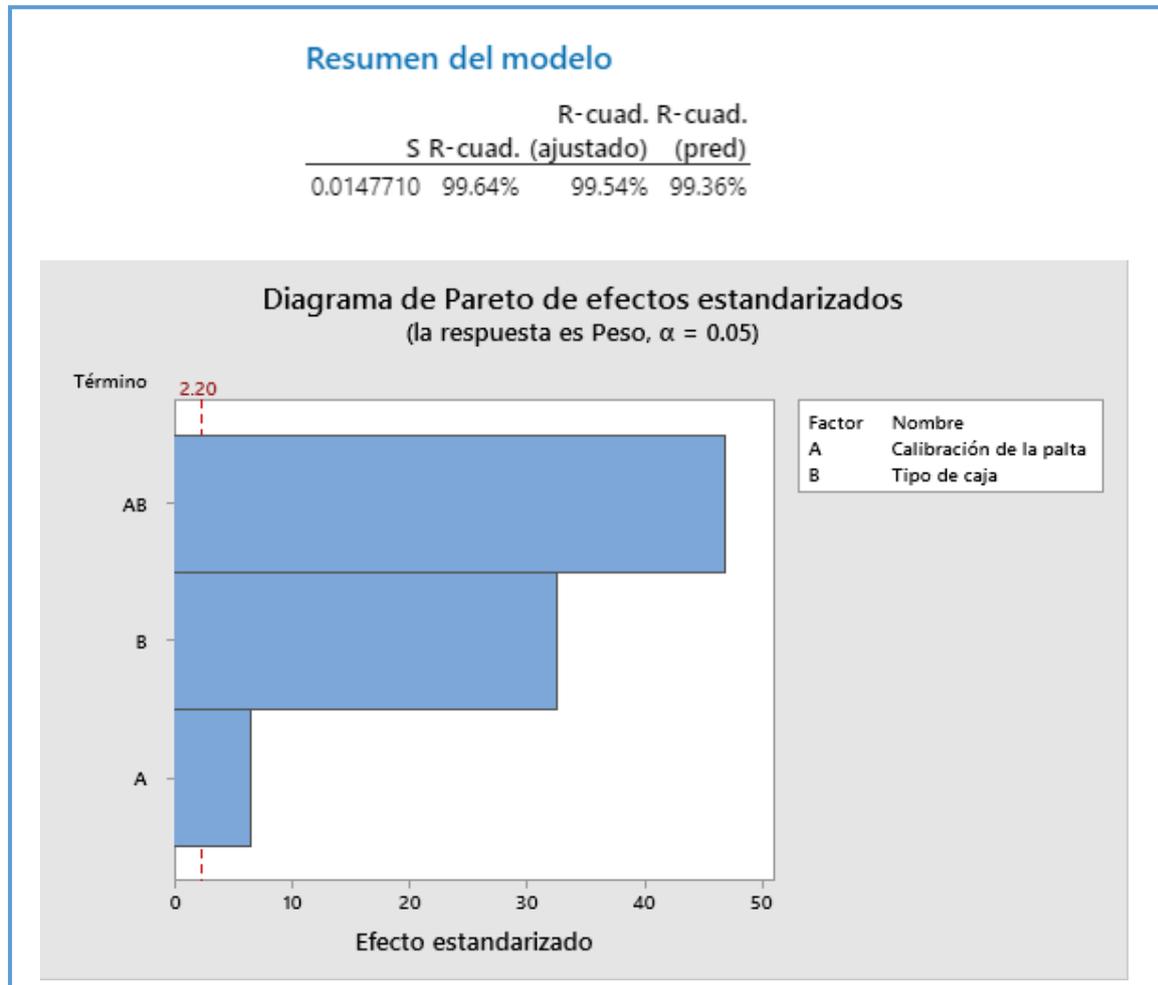


Figura 11. Análisis factorial
Fuente: Software Minitab 19

Se optimizaron los resultados luego de haber realizado la combinación de los 2 factores. Los resultados de la optimización se aprecian en la siguiente figura.

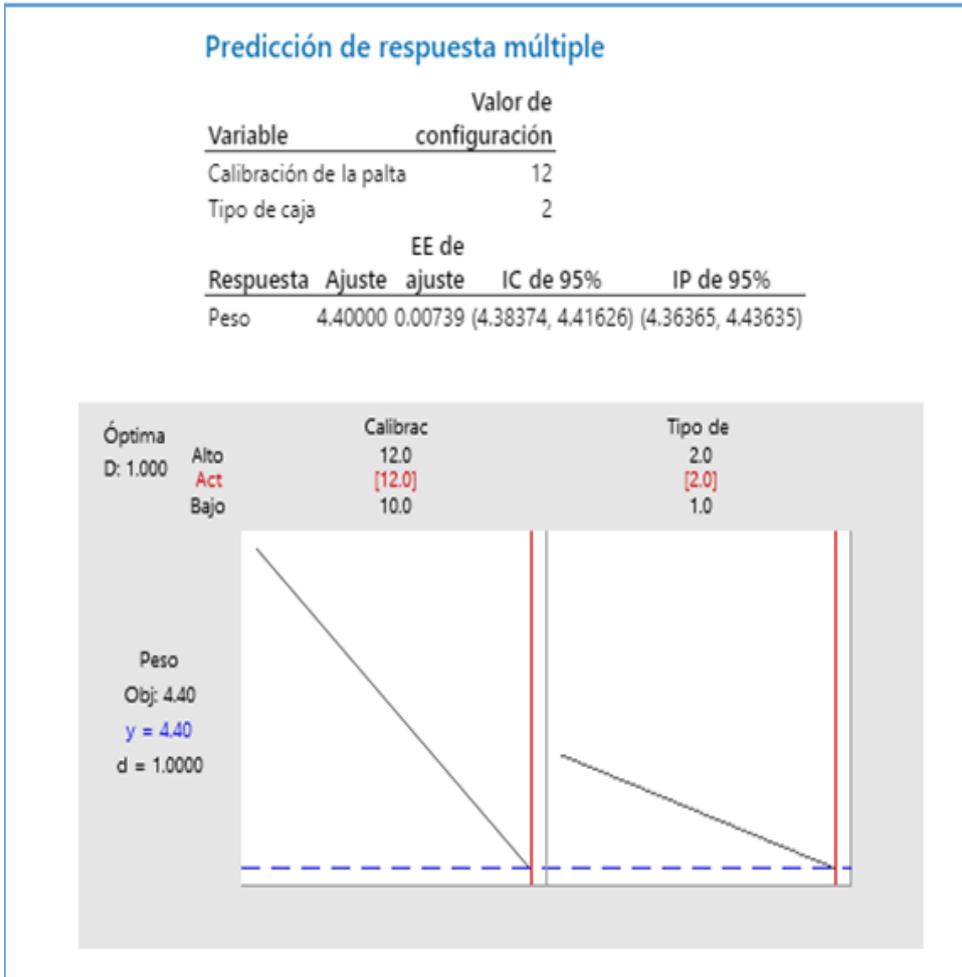


Figura 12. Optimización del proceso.
Fuente: Software Minitab 19

La figura anterior muestra los valores ideales para cada uno de los factores: Para el factor calibración de la palta presenta un valor de 12 y al tipo de caja un valor de 2, quiere decir que el tamaño de la palta que presenta un calibre 12 debe ser empacada en una caja de tipo de 2 que es una caja de cartón y los demás calibres menores a 10 en cajas de plástico, de esta manera se estará cumpliendo con las especificaciones del cliente con respecto al peso.

Por otro lado, se planteó soluciones para las demás causas que también intervienen en la variabilidad del peso, se realizó a través de una lluvia de ideas, quienes

participaron de esta mejora fueron el jefe de operaciones y de producción, jefe de control de calidad y supervisores de la línea de empaque.

Tabla 11. Solución de las causas

| Causa | Razón | Solución |
|--|---|---|
| Pesado en balanza descalibrada | Fue producto a la falta de seguimiento y control a la calibración de las balanzas. | Se realizó un programa para calibrar todas las balanzas y se reentrenó al operario en el pesado de las cajas empacadas. |
| Paltas sacadas de la caja empacada y no repuesta | Algunas cajas empacadas contenían paltas con algún tipo de defectos o daños, las cuales eran sacadas en el área de paletizado, esto afectó a la variabilidad del peso de la caja debido a que no se reponía las paltas sacadas. | Se colocaron cajas de palta en el área de paletizado, para que al momento de sacar una palta con defectos estos sean repuestas. |
| Caídas de palta de la caja durante el traslado. | En el momento del traslado por la faja transportadora ocurrió aglomeración de las cajas ocasionando un choque entre ellas haciendo caer paltas de las cajas empacadas al piso, yendo así de incompletas las cajas al cliente final. | Se instálalo una parihuela de madera para colocar las cajas empacadas cuando ocurra aglomeración de las cajas en la faja transportadora. |
| Desconocimiento de las especificaciones del cliente. | Los operarios desconocían de las especificaciones del cliente durante el proceso de producción. | Se realizó una capacitación a los operarios durante 2 semanas, los temas tratados fueron especificaciones del cliente tales como, sanidad de la fruta, empaque de fruta sin defectos, cantidad de porcentaje aceptados con algún tipo de defecto y los pesos establecidos por caja. |

Fuente: Elaboración propia.

Con los parámetros establecidos por la optimización y con las acciones de mejora, se aplicó y se trabajó en el proceso de producción, permitiendo validar y evaluar la solución propuesta.

Luego de 4 semanas trabajadas con la solución, se tomaron 31 subgrupos racionales con tamaño 4, se puede observar en la parte de los anexos, con los datos obtenidos de la medición se realizó un nuevo análisis de capacidad de proceso, en la que podemos ver en la siguiente figura.

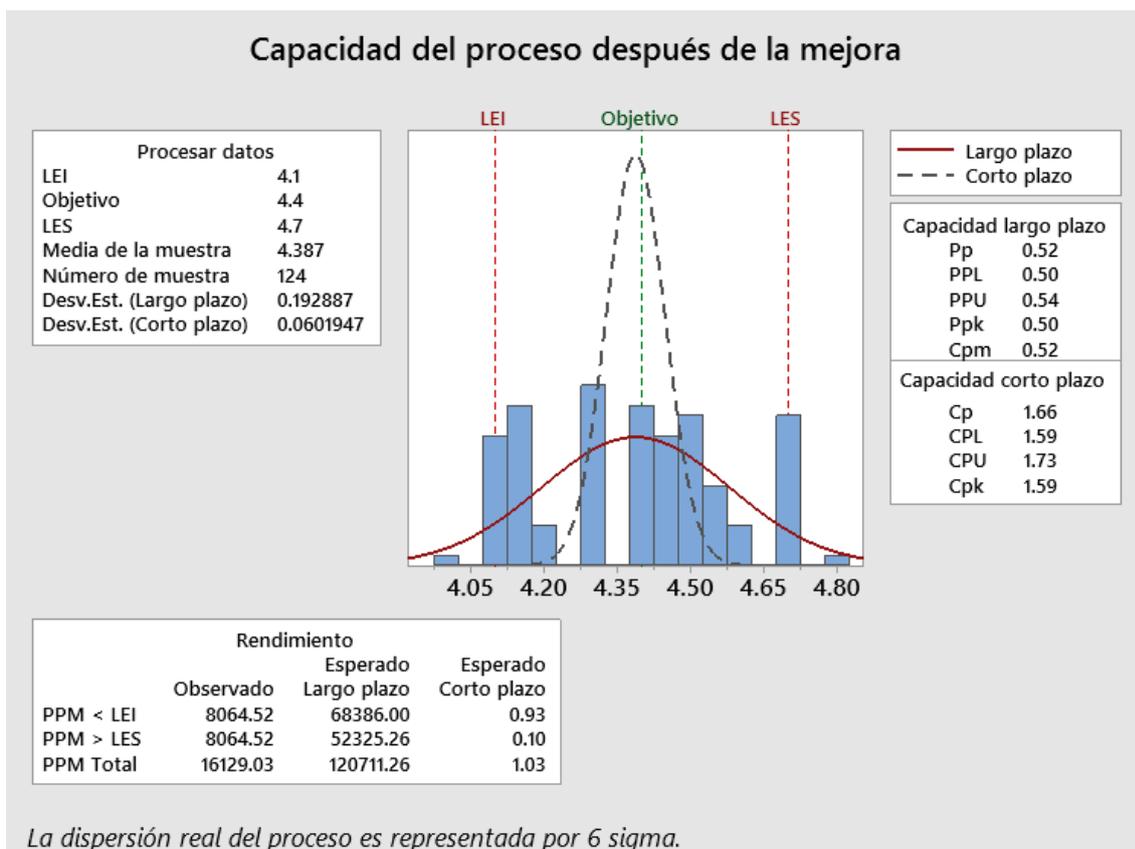


Figura 13. Capacidad del proceso después de la mejora

Fuente: Software Minitab 19

Se puede observar en el histograma que todos los datos en su mayoría estuvieron dentro de la especificación superior e inferior, además se encontró que el valor de la capacidad del proceso fue de 1.66, lo que significa que es mayor que 1, esto quiere decir que el proceso logró una mejora, siendo adecuado para la producción y satisfacción de los requerimientos del cliente.

Además se obtuvo un nivel sigma de 4.75 (Nivel Z), logrando disminuir la cantidad de defectos partes por millón a 16129.03, lo que significa que por un millón de cajas de cajas empacada solo 16129.03 pueden salir con algún tipo de defectos, esto demuestra una disminución de 306451.62 cajas empacadas.

A continuación, se presenta una tabla de los resultados alcanzados antes y después de cada uno de los índices de six sigma.

Tabla 32. *Comparación de los valores de six sigma*

| Antes | Después |
|-------------------|---------------|
| Cpk=0.76 | Cpk=1.59 |
| Cp=0.88 | Cp= 1.66 |
| PPM= de 322580.65 | PPM= 16129.03 |
| Sigmas= 2.22 | Sigmas= 4.75 |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede determinar que al aplicar la solución prevista mejoró significativamente la calidad del proceso, exportando una palta que cumple con los requerimientos del cliente.

Quinta etapa control:

Llegó de las mejoras realizadas se monitoreo el proceso a través de las cartas de control, se realizó 3 veces al día, teniendo en cuenta 34 subgrupos de tamaño 4, en total 136 datos, en la siguiente figura se presentan el comportamiento del proceso.

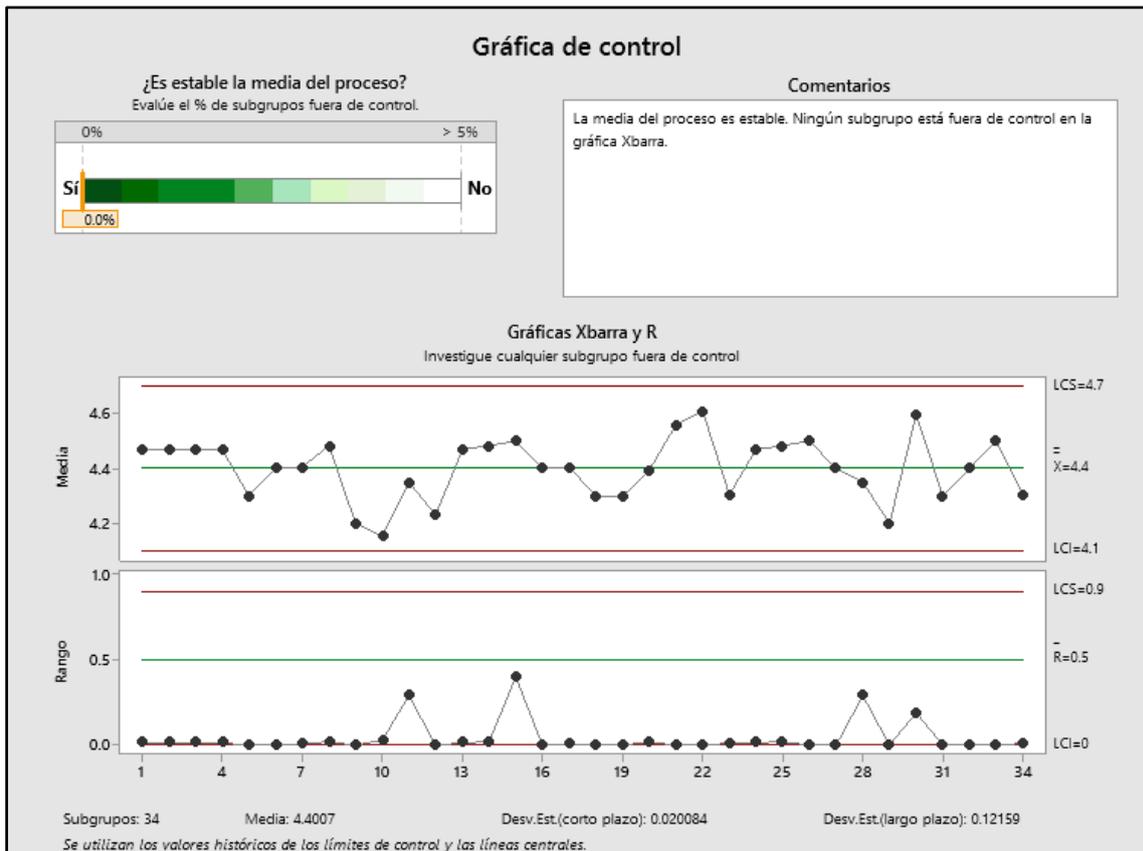


Figura 14. Control del proceso a través de la gráfica de control

Fuente: Software Minitab 19

Los datos de la gráfica de control se pueden observar que se encuentran bajo control estadístico, luego de un mes ver el comportamiento similar se finalizó el proyecto y la empresa siguió aplicando las mejoras.

Se midieron los indicadores de la calidad durante el proceso después de las mejoras realizadas.

Para el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente, se tomaron en cuenta 25 días después de las mejoras, para ello se realizó una inspección a 10 cajas empacadas por día, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente

| Día | N° de requerimientos del cliente | N° de requerimientos cumplidos | Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente (%). |
|----------|----------------------------------|--------------------------------|--|
| 1 | 18 | 18 | 100% |
| 2 | 18 | 17 | 94% |
| 3 | 18 | 18 | 100% |
| 4 | 18 | 18 | 100% |
| 5 | 18 | 16 | 89% |
| 6 | 18 | 17 | 94% |
| 7 | 18 | 16 | 89% |
| 8 | 18 | 17 | 94% |
| 9 | 18 | 18 | 100% |
| 10 | 18 | 16 | 89% |
| 11 | 18 | 17 | 94% |
| 12 | 18 | 18 | 100% |
| 13 | 18 | 17 | 94% |
| 14 | 18 | 16 | 89% |
| 15 | 18 | 18 | 100% |
| 16 | 18 | 18 | 100% |
| 17 | 18 | 18 | 100% |
| 18 | 18 | 17 | 94% |
| 19 | 18 | 16 | 89% |
| 20 | 18 | 17 | 94% |
| 21 | 18 | 18 | 100% |
| 22 | 18 | 18 | 100% |
| 23 | 18 | 17 | 94% |
| 24 | 18 | 18 | 100% |
| 25 | 18 | 17 | 94% |
| Promedio | 18 | 17.24 | 96% |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede determinar que el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente después de la mejora fue el 96% con respecto al inicial, esto demostró un incremento del 17% en el cumplimiento de las especificaciones del cliente.

En cuanto al rendimiento del proceso durante 4 meses, las cantidades de la producción tanto de materia prima como de descarte fueron facilitadas por la empresa donde se resumió la producción en semanas, los resultados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 14. Rendimiento del proceso

| Mes | Semanas | Producción inicial (kg) | Descarte de producción en selección (kg) | Descarte de producción en empaque (kg) | Descarte de producción por fallas mecánicas (kg) | Descarte de frutas en piso (kg) | Cajas descartadas por calidad (kg) | Total de cantidad de fruta de descarte (kg) | Rendimiento del proceso (kg) |
|------------|---------|-------------------------|--|--|--|---------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------|
| Agosto | 1 | 96420.00 | 2121.24 | 1157.04 | 347.11 | 192.84 | 674.94 | 4493.17 | 95% |
| | 2 | 91412.00 | 2011.06 | 1096.94 | 329.08 | 274.24 | 639.88 | 4351.21 | 95% |
| | 3 | 79582.00 | 1750.80 | 954.98 | 286.50 | 238.75 | 557.07 | 3788.10 | 95% |
| | 4 | 93395.00 | 2054.69 | 1120.74 | 336.22 | 280.19 | 653.77 | 4445.60 | 95% |
| Septiembre | 1 | 96301.00 | 2118.62 | 1155.61 | 346.68 | 288.90 | 674.11 | 4583.93 | 95% |
| | 2 | 99970.00 | 2199.34 | 1199.64 | 359.89 | 299.91 | 699.79 | 4758.57 | 95% |
| | 3 | 86332.00 | 1899.30 | 1035.98 | 310.80 | 259.00 | 604.32 | 4109.40 | 95% |
| | 4 | 82349.00 | 1811.68 | 988.19 | 296.46 | 247.05 | 576.44 | 3919.81 | 95% |
| Octubre | 1 | 93417.00 | 2055.17 | 1121.00 | 336.30 | 280.25 | 653.92 | 4446.65 | 95% |
| | 2 | 92292.00 | 2030.42 | 1107.50 | 332.25 | 276.88 | 646.04 | 4393.10 | 95% |
| | 3 | 99092.00 | 2180.02 | 1189.10 | 356.73 | 297.28 | 693.64 | 4716.78 | 95% |
| | 4 | 97053.00 | 2135.17 | 1164.64 | 349.39 | 291.16 | 679.37 | 4619.72 | 95% |
| Noviembre | 1 | 92405.00 | 2032.91 | 1108.86 | 332.66 | 277.22 | 646.84 | 4398.48 | 95% |
| | 2 | 95735.00 | 2106.17 | 1148.82 | 344.65 | 287.21 | 670.15 | 4556.99 | 95% |
| | 3 | 91108.00 | 2004.38 | 1093.30 | 327.99 | 273.32 | 637.76 | 4336.74 | 95% |
| | 4 | 75830.00 | 1668.26 | 909.96 | 272.99 | 227.49 | 530.81 | 3609.51 | 95% |
| promedio | | 91418.31 | 2011.20 | 1097.02 | 329.11 | 268.23 | 639.93 | 4345.49 | 95% |

Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento del proceso durante la producción fue del 95% en promedio semanal, resaltando un aumento del 13% con respecto al rendimiento inicial, así mismo en cuanto a las cantidades de fruta de descarte disminuyó a 4345.49 kg en promedio semanal.

Tabla 15. Comparación de los indicadores de la calidad de proceso

| Indicadores | Antes | Después | Variación |
|--|-------|---------|-----------|
| Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente. | 79% | 96% | 17% |
| Rendimiento del proceso (kg) | 82% | 95% | 13% |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se puede determinar que después de aplicar la metodología de six sigma, mejoró el rendimiento del proceso y el cumplimiento con las especificaciones del cliente en 13% y 17 % respectivamente.

Prueba de hipótesis

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tratarse de una cantidad de datos menores a cincuenta.

Las hipótesis para la prueba de normalidad con respecto al primer indicador. Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente, fueron las siguientes:

H0: Los datos del cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente siguen una distribución normal.

H1: Los datos del cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente no siguen una distribución normal.

Los datos obtenidos en la prueba de normalidad se muestran a continuación.

Tabla 16. Prueba de normalidad para el indicador 1

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Diferencia | ,243 | 17 | ,009 | ,809 | 17 | ,003 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

Se observa que el nivel de significancia en la prueba de Shapiro-Wilk, fue de 0.003, lo cual es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, los datos del cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente no siguen una distribución normal. Por lo que se realizó la prueba de Wilcoxon con las siguientes hipótesis:

H0: La aplicación de la metodología Six Sigma no tendrá un efecto positivo en el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente en la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021.

H1: La aplicación de la metodología Six Sigma tendrá un efecto positivo en el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente en la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021.

Los resultados fueron:

Tabla 17. Prueba de hipótesis de Wilcoxon

| Estadísticos de prueba ^a | |
|-------------------------------------|---------------------|
| | Después - Antes |
| Z | -3,685 ^b |
| Sig. asintótica(bilateral) | ,000 |

Fuente: SPSS

Se verifica que el nivel de significancia resultó en 0.000, por lo tanto, la aplicación de la metodología Six Sigma tiene un impacto positivo en el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente de la empresa Agroindustrias José y Luis, 2021.

Con respecto al segundo indicador: Rendimiento del proceso.

Las pruebas de hipótesis para la prueba de normalidad fueron los siguientes:

H0: Los datos del rendimiento del proceso presentan una distribución normal.

H1: Los datos del rendimiento del proceso no presentan una distribución normal.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 18. Prueba de normalidad para el indicador 2

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Diferencia | ,165 | 29 | ,043 | ,929 | 29 | ,061 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: software SPSS

Se observa que el nivel de significancia es 0.061, siendo mayor que 0.05, por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula. Los datos del rendimiento del proceso presentan una distribución normal.

Por lo tanto, se realizó la prueba T-student con las siguientes hipótesis:

H0: La aplicación de la metodología Six Sigma no tendrá un efecto positivo en el rendimiento del proceso de la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021.

H1: La aplicación de la metodología Six Sigma tendrá un efecto positivo en el rendimiento del proceso de la calidad del proceso de empaque de la empresa agroindustrias José y Luis, 2021.

Tabla 19. Prueba de t-student

| | | Prueba de muestras emparejadas | | | | | | | | |
|-------|---------------|--------------------------------|------------------|----------------------|--|----------|---------|----|------------------|--|
| | | Diferencias emparejadas | | | | | | | | |
| | | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | t | gl | Sig. (bilateral) | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | | |
| Par 1 | Antes Después | -16,448 | 8,765 | 1,628 | -19,782 | -13,114 | -10,106 | 28 | ,000 | |

Fuente: software SPSS

En la tabla anterior el nivel de significancia fue de 0.000, el cual es menor que 0.05, lo que permitió rechazar la hipótesis nula, entonces se puede concluir que la aplicación de la metodología Six Sigma tuvo un impacto positivo en el rendimiento del proceso de la empresa Agroindustrias José y Luis, 2021.

V. DISCUSIÓN

La investigación fue realizada en el proceso de empaque de la empresa Agroindustrias José y Luis. Lamentablemente la empresa en su situación inicial antes de la mejora, se tenía una producción que no cumplía con los requerimientos del cliente, ya que un conjunto de requerimientos no cumplidos ejerce una sanción a la empresa, por estar exportando productos de mala calidad. Esto perjudicó económicamente a la empresa por contar con una producción rechazada, que era considerada muchas veces como una fruta de descarte, pero luego de la metodología de mejora implementada se logró solucionar la problemática que presentaba la empresa, cabe resaltar que esto se evidenció en la calidad y capacidad del proceso.

Con respecto al primer objetivo específico, que consistió en realizar un diagnóstico de la calidad actual del proceso de empaque, a través de las herramientas del diagrama de Ishikawa, Pareto, se encontraron los siguientes problemas principales: variabilidad en el peso, caja empacada con diferentes calibres, no se cumple con las especificaciones de sanidad de la fruta, fruta empacada sin pedúnculo y empaque de la fruta con defectos, las cuales fueron analizadas a detalles profundos las razones de su existencia, así mismo se obtuvo un diagrama del proceso de palta, conociendo los factores de todos los requerimientos del cliente. Ya que luego se evaluó el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente, teniendo su valor inicial de 79% de cumplimiento y el rendimiento del proceso inicial fue 82%.

El diagnóstico anterior fue similar a lo que hizo el autor Arenas Escurra, Lázaro Cabrera y Sánchez Saldaña (2018) quien realizó un diagnóstico de la problemática en una empresa dedicada a la producción de queso mozzarella, en donde aplicó el diagrama de Ishikawa y de Pareto, encontrando la causa principal que fue la variación en el peso del producto final, desperdicios y características del producto no aceptable por el cliente. Así mismo Sanchez (2018) durante el desarrollo de un modelo de QFD y six sigma, tuvo como problema principal el bajo peso de la palta empacada, por los constantes reclamos de los clientes a donde la fruta era exportada, decidió aplicar un modelo de reconocimiento y mejora continua para controlar los bajos pesos basándose en la metodología de las cinco etapas de six

sigma. Según Pardo Hernández (2019) en su trabajo aplicado decidió implementar six sigma, luego de obtener una problemática en el proceso de manejo y control de los desperdicios de materia prima, en la fabricación de cartón corrugado, ya que el rendimiento de proceso estaba demostrando una disminución con respecto al tiempo de trabajo.

En el segundo objetivo específico fue aplicar six sigma a través de sus herramientas de mejora para ello se desarrolló a través de las cinco etapas. Ya que según los autores Novillo et al. (2017) son definir, medir, analizar, mejorar y controlar. En la etapa de definir se realizó un resumen de lo que se pretendió realizar y alcanzar con la implementación, teniendo en cuenta todos los recursos e indicadores a utilizar. En medir se hizo dos estudios de R&R donde en la primera no presentó una validación por lo que se hizo una segunda prueba luego de las correcciones ya que esta si fue aceptada, en la gráfica de control presentó una variabilidad de los pesos en 15%, la capacidad del proceso inicial fue de 0.88 y el nivel sigma inicial fue de 2.22, teniendo cantidad de defectos expresados en partes por millón de 322580.65 cajas. En la parte de analizar se identificó cada causa en donde fue analizada el motivo de su surgimiento y también se aplicó una correlación de Pearson en la cual se describió una relación alta. En la etapa de mejora se aplicó un diseño de experimentos para los factores de calibración de la palta y tipo de caja, quien luego a través de un diseño factorial arrojó datos para aplicar la combinación en el proceso de empaque y encontrar el peso óptimo con la combinación adecuada, la cual fue para el factor calibración de la palta presentó un valor de 12 y al tipo de caja un valor de 2, quiere decir que el tamaño de la palta que presenta un calibre 12 fue empacada en una caja de tipo de 2 que es una caja de cartón y los demás calibres menores a 10 en cajas de plástico, demostrando así el cumplimiento de los pesos con la especificación del cliente, para las demás causas se realizó una lluvia de ideas para su solución. Luego de las mejoras implementadas se volvió a calcular los nuevos indicadores de six sigma en donde se descubrió que la capacidad de proceso mejoró de 0.88 a 1.66 cp y el nivel sigma paso de 2.22 a 4.75 y además disminuyó la cantidad de defectos partes por millón a 16129.03 cajas, lo que representa una disminución del 5%. Finalmente, en la etapa de control se realizó un monitoreo para que las mejoras sigan siendo aplicadas para que el proceso continúe en un estado óptimo para la ejecución de las actividades, según las

gráficas de control en esta etapa se determinó que el proceso se encontró estable disminuyendo de 15% a 0% de inestabilidad en las especificaciones.

Los resultados anteriores coinciden con lo encontrado en la investigación de Salazar, Ardilla, y Sánchez (2018) en donde implementaron six sigma a través de las 5 fases para mejorar el proceso de empaque en un molino, quienes lograron tener un impacto positivo al obtener resultados de mejora en la capacidad del proceso de 0.20 a 1.01 cp y la disminución del producto fuera de las especificaciones de 67% a 3.12%.

De la misma manera se tiene a Pardo Hernández (2019) quien demostró el mejoramiento de la capacidad del proceso de 0.72 a 1.07 cp en una empresa de cartones corrugados y el nivel sigma aumentó de 0.23 a 1.24, además redujo la cantidad de desperdicios de materia prima a 5.3% lo que ayudó tener una mejor producción y control del proceso. Así mismo, Jiménez Ramos y Martínez Villadiego (2021) implementaron six sigma para determinar un nivel de calidad del proceso de empaque en la harina de maíz. La razón por haber tenido problemas en el proceso por no lograr alcanzar cumplir con las especificaciones del cliente, quedó demostrado tras haber aplicado six sigma redujo las no conformidades de 71.06% a 45.62% y el nivel sigma aumentó de 3.05 a 3.44.

Este resultado tiene semejanza a la investigación de Sanchez (2018) quien logró reducir de forma significativa los problemas encontrados durante la variabilidad en el pesado de la fruta en los calibres de la palta de 12.07% a 6.75% en la línea 1 y en la línea 2 de 4.45% a 1.75%.

Del mismo modo Arenas Ecurra, Lázaro Cabrera y Sánchez Saldaña (2018) quien se planteó como objetivo implementar la metodología six sigma para controlar la calidad durante el proceso de fabricación del queso que a través de la aplicación de la mejora, obtuvo el control y la reducción de los errores en la variación de los pesos del producto final en 43%, también logró reducir los defectos de 30% a 15%. Esto llevó como evidencia en que el nivel sigma del proceso pasó de 2.01 a 2.54. De igual manera Cubas (2021) aplicó six sigma para determinar el efecto en la calidad del proceso de servicios, quien luego de la mejora logró tener un efecto

positivo, mejorando el nivel sigma de 1.86 a 2.92 y los servicios mal brindados disminuyó de 38% a 9%, es decir disminuyó en un 29%.

En el tercer objetivo específico, se midió la calidad del proceso de empaque después de haber aplicado six sigma en la empresa, los resultados fueron el incremento del cumplimiento de las especificaciones del cliente en un 96% y el rendimiento del proceso durante la producción ascendió a 95%.

Estepa (2018) afirma que la reducción de los defectos se consigue con el uso de diferentes métodos estadísticos, gráficos de control, diseños de experimentos, entre otras herramientas estadísticas. Además, Pohekar y Reosekar (2018) lo confirman al mencionar a six sigma como una poderosa herramienta para agilizar la mejora en los productos, la calidad de los procesos, teniendo como objetivo principal el eliminar los errores.

De acuerdo con el objetivo principal del estudio, se determinó que el efecto de la implementación de six sigma en la calidad del proceso de empaque de la empresa Agroindustrias José y Luis, 2021, tuvo un efecto positivo, demostrando una mejora en el rendimiento del proceso de 82% a 95%, es decir aumentó en 13% y el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente mejoró de 79% a 96% es decir incrementó en 17%.

Los resultados anteriores condicen con lo obtenido por los autores, Salazar, Ardilla, y Sánchez (2018) en su tesis implementaron six sigma para mejorar el proceso de empaquetado en un molino de arroz, quien luego de varias mejoras realizadas en el proceso de empaque lograron aumentar el cumplimiento de las especificaciones con respecto al peso establecido en un 95.35%. Por otro lado, para Lara González, et al., (2020), hacen referencia a six sigma como un excelente método de mejora continua que se centra en la búsqueda de razones por las cuales se originan los errores y poder de esa manera eliminarlos.

Así mismo Pardo Hernández (2019) describe a six sigma como una innovadora estrategia de mejora en la reducción de los defectos en cualquier tipo de proceso, ya que al mejorar los procesos conlleva a tener una mejor satisfacción en el cliente.

VI. CONCLUSIONES

El estudio llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se realizó un diagnóstico de la calidad actual del proceso de empaque, a través de las herramientas del diagrama de Ishikawa y de Pareto, los problemas principales fueron: variabilidad en el peso, caja empacada con diferentes calibres, no se cumple con las especificaciones de sanidad de la fruta, fruta empacada sin pedúnculo y empaque de la fruta con defectos. Se evaluó el cumplimiento inicial de los requisitos otorgados por el cliente la cual fue el 79% y el rendimiento del proceso inicial fue 82%.
2. En la aplicación de six sigma se desarrolló a través de las cinco etapas, se logró dar solución a todos los problemas encontrados en el proceso productivo, se disminuyó los defectos de la fruta empacada y se optimizó y mejoró el proceso, teniendo una fruta de calidad que cumple con las especificaciones del cliente internacional. La capacidad de proceso mejoró de 0.88 a 1.66 cp y el nivel sigma paso de 2.22 a 4.75 y además disminuyó la cantidad de defectos partes por millón de 322580.65 a 16129.03 cajas y se determinó que el proceso se encuentra estable lo que disminuyó de 15% a 0% la inestabilidad.
3. Se midió la calidad del proceso de empaque después de haber aplicado six sigma en la empresa, los resultados fueron el incremento del cumplimiento de las especificaciones del cliente en un 96% y el rendimiento del proceso durante la producción aumentó a 95%.
4. Se determinó que el efecto de la implementación de six sigma en la calidad del proceso de empaque de la empresa Agroindustrias José y Luis, tuvo un efecto positivo, demostrando un aumento en el rendimiento del proceso del 13% y el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente aumentó en 17%.

VII. RECOMENDACIONES

Para que la empresa siga mejorando se le recomienda lo siguiente:

- Continuar empleando las diversas herramientas de la calidad implementadas en el proceso productivo, como son las gráficas de control para poder analizar estadísticamente el comportamiento del proceso, los histogramas, el diagrama de Ishikawa para ver las causas posibles que la que puedan encontrar, los indicadores de capacidad del proceso y seguir manteniendo o mejorando el nivel sigma.
- Para que la empresa tenga una mejor organización y movilización de los espacios durante el proceso, se recomienda implementar la herramienta de las 5S para desarrollar eficientemente las operaciones de manera ordenada.
- Se recomienda a la empresa realizar un programa de capacitación dirigido a todo el personal que conforman el área de selección y empaque, tratando temas sobre los conocimientos de las especificaciones de los clientes, ejecución correcta de las actividades del proceso, las certificaciones que cuenta la empresa y cómo se deben ser abordadas.
- Se recomienda seguir entrenando y capacitando al personal encargado del mantenimiento de las máquinas, para mantener en condiciones óptimas y estables en el funcionamiento, así mismo que estas tengan una calibración correcta en cumplir con los estándares de calidad.

REFERENCIAS

ARENAS ESCURRA, Alvaro Alejandro; LÁZARO CABRERA, Fiorella Emperatriz; SÁNCHEZ SALDAÑA, Katherine Consuelo. 2018. Propuesta de implementación de la metodología Six Sigma para aumentar la rentabilidad en la empresa Agroindustria Alimentaria Nutriaves EIRL. Para optar el título profesional de: ingeniero industrial. Trujillo. Universidad Privada Del Norte.

ALBERT, Eduardo Navarro; SOLER, Víctor Gisbert; MOLINA, Ana Isabel Pérez. 2017. Metodología e implementación de Six Sigma. 2017.

ARGUETA, Christopher Mejía, et al. 2018. Análisis del tamaño de empaque en la cadena de valor para minimizar costos logísticos: un caso de estudio en Colombia. Estudios Gerenciales [en línea]. 2018, 31(134), 111-121[fecha de Consulta 2 de Diciembre de 2021]. ISSN: 0123-5923.

ASTORGA, J. (2017). Statistical analysis of the voltage drop in a low voltage electrical system. Ingeniería energética, 34(2), 151-162. ISSN: 1815-5901

BERNAL, C. (2020). Metodología de la investigación. 3 ed. Colombia. [Fecha de Consulta: 15 de Mayo del 2021]. Disponible en: <http://anyflip.com/vede/ohla>

BELHADI, Amine, et al., 2021. Un marco Six Sigma impulsado por Big Data Analytics para un rendimiento ecológico mejorado: un estudio de caso de una empresa química. Planificación y control de la producción, 2021, pág. 1-24.

BHANDARI, Pawan; BADAR, M. Affan; NIÑA, Vincent. 2021. Planning for COVID-19 Surge in Response to a Global Pandemic in a Healthcare Setting - A Six Sigma Approach. En Actas de la 11ª Int. Conf. Sobre Ingeniería Industrial y Gestión de Operaciones, Singapur — Virtual. 2021.

p, M., ARBELÁEZ, O. y MENDOZA, J. (2018). ANOVA's method used to develop the study of repeatability and reproducibility inside of measure system. *Scientia et Technica*, 13(37), 533-537. ISSN: 0122-1701

BUSTAMANTE ABANTO, Ana Gabriela. 2018. Nivel de uso de la omnicanalidad en los clientes premium del Banco Interbank de la ciudad de Cajamarca en el año 2017. Tesis de grado. Universidad nacional de Cajamarca.

CARBAJAL SUÁREZ, Yolanda; CARRILLO MACARIO, Berenice; JESÚS ALMONTE, Leobardo. 2017. Productive dynamics of the automotive and manufacturing sectors in the northern border of Mexico: An analysis with panel data, 1980-2014. *Frontera norte*, vol. 30, no 59, p. 29-56.

CAMISÓN, César, CRUZ, Sonia y GONZALES Tomás. 2017. *Quality Management: Concepts, approaches, models and systems*. 1 ed. España: Pearson Educación, S. A, 2017. ISBN: 84-205-4262-8

CUBAS, Alexandra. (2021). La metodología six sigma y su efecto en calidad del proceso de servicios de la empresa CJV, Trujillo. Tesis (Título en Ingeniería Industrial), Universidad César Vallejo, Chepén.

DELGADO VÁSQUEZ, Leinis Joan; TABOADA MACALOPU, Luis Alberto. 2018. Contribución de la gestión de abastecimiento en la calidad del servicio de packing a productos agroexportables, en la empresa Jayanca Fruit SAC, del departamento de Lambayeque, en el periodo 2016 al 2017. 2018.

ESTRELLA ROMERO, María. (2017). El objeto tabla: un estudio epistemológico, cognitivo y didáctico. Tesis (doctor en didáctica de la matemática). Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

ERDIL, Aysenur. 2019. Accomplishments and contributions of six sigma approach for sustainability of service and manufacturing industry in terms of quality improvement. *Research Journal of Business and Management*, vol. 8, no 3, p. 167-180.

ESTEBAN, Nicomedes. 2018. Tipos de Investigación. *Repositorio Institucional USDG*. Junio 2018, vol 1, no 4, pp 43-54.

ESTEPA, Antonio (2018). Interpretation of scatter diagrams by high school students. *Investigación didáctica. Revista EAN*, vol 1, no4. pp. 257-270.

EVANS, J. Y LINDSAY, W. (2018). *Managing for Quality and Performance*. 7.ª ed. México: Cengage Learning. ISBN: 9786075193755

ESPEJO-FANDIÑO, Fredy Leandro. 2020. Analyze passengers' boarding time in buses in the city of Bogota using a factorial design. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 2020, vol. 21, no 1. ISSN 2594-0732

FLORES, Judith. Implementación de la herramienta six sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa fusión mecánica industrial SAC. Tesis (Título en Ingeniería Industrial). Perú: Universidad César Vallejo, 2017, 125 pp.

FONTALVO, T. (2017). Application of six sigma in Cement manufacturer. *Escenarios*, 9(1), 7-17.

GARZA RÍOS, Rosario C., et al. (2017). Application of Six Sigma DMAIC with Discrete Simulation and Multicriterial Techniques. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, vol 22, 19-35. Recuperado de: <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2337> ISSN: 1886-516X

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; TORRES, Christian Paulina Mendoza. *Metodología de la investigación*. México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana, 2018.

JIMÉNEZ RAMOS, Jorge Armando y MARTÍNEZ VILLADIEGO, Nacira del Socorro (2021). Implementación de six sigma para la determinación del nivel de calidad del proceso de empaque de harina de maíz en la empresa Soberana SAC. (Especialización en administración total de la calidad), Universidad De Córdoba.

LARA-GONZÁLEZ, Luis Ángel, et al. 2020. Optimization of the tensile properties of polymeric matrix composites reinforced with magnetite particles by experimental design. *Tecnológicas*, 23(48). doi: <http://dx.doi.org/10.22430/22565337.1499>

LETÓN MOLINA, Emilio. Generalización y equivalencias de tests no paramétricos para el análisis de datos censurados. *Ene*, 2018, vol. 12, p. 20.

LOPEZ, Esteban y GARCIA, Minor. 2017. Implementation of the DMAIC-Six Sigma methodology in the packaging of liquors in Fanal. *Tecnología en Marcha*. Vol. 27, N° 3, Julio-Septiembre. Pág 88-106.

ORTÍZ TOVAR, María Juliana. 2020. Implementación del modelo Six Sigma como estrategia de mejora en Pymes de Latinoamérica. 2020. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad de América.

PARDO HERNÁNDEZ, Alexandra, (2019). Implementation of the six sigma model to improve the raw material waste management and control process at Cartones América Company. (Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial), Universidad Católica De Colombia.

ROJAS TUESTA, Fernando. 2021. Valor nutricional de coprodutos da indústria de polpa de frutas. Lima: Universidad ESAN, pág. 21.

REOSEKAR, Ravi S; POHEKAR, Sanjay D. 2018. Six Sigma methodology: a structured review. Emerald Publishing. 28 de Octubre del 2018, Vol. 05. ISSN: 2040-4166

ROQUEME, Erika y SUAREZ, 2017. Leonardo. Implementation of the lean methodology for the improvement of the commercial area of the SME. Tesis (Trabajo de grado). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de estudios a distancia FAEDIS, 167 pp.

REJIKUMAR, G .; ASWATHY ASOKAN, A .; SREEDHARAN, V. Raja. Impact of Data-Driven Decision Making on Lean Six Sigma: An Empirical Analysis. *Gestión de la calidad total y excelencia empresarial*, 2020, vol. 31, no 3-4, pág. 279-296.

ROJAS, J, et al., (2017). Process improvement applying the DMAIC - Six Sigma methodology, in the control and reduction and of the variability of the pH in canned piquillo peppers. *LACCEI*, 13 (225). doi: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.225>

NAVARRO, Eduardo, GISBERT, Víctor y PEREZ, Ana. 2017 Methodology and implementation of six sigma [en línea]. Julio – diciembre 2017, edición especial. [Fecha de consulta: 2 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_9.pdf

NOVILLO, Ernesto, et al., 2017. *Gestión de la calidad un enfoque práctico*. 1. ed. Ecuador: Grupo compas. 2017.

NARANJO-SILVA, Edwin Roberto, et al. Estrategias de Packing en la red de tiendas populares en Riobamba. *Ingeniería Industrial*, 2018, vol. 39, no 2, pág. 204-214.

SALAZAR, Ana Lucia Paque; ARDILA, Denicce Licht; SÁNCHEZ, Nelson Corredor. (2018). Implementation of the six sigma technique to improve the XYZ Mill packed process. *Revista IngEam*, 1(1), 42-49.

SÁNCHEZ ALZATE., Mateo. 2018. Desarrollo de un modelo qfd y seis sigma para la solución de underweight en una empresa del sector agroindustrial. Programa De Ingeniería Mecánica. Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira Facultad De Ingeniería Mecánica.

SANDOVAL, T., et al., (2020). Statistical analysis in gtaw welding application using full factorial design experiment. *Soldag, insp*, 25. ISSN 1980-6973

SHARMA, Ashwani; SINGH, Bikram Jit. 2020. Understanding Lean Six Sigma 4.0 through Golden Circle Model. *EasyChair*, 2020.

SUNDER M, Vijaya; GANESH, L. S. 2020. Six sigma as a dynamic capability in banking firms. En Six Sigma in banking services. Springer, Singapore, 2020. p. 75-91.

TAMPUBOLON, salmón; PURBA, HH.2021. Implementación de Lean six sigma, una revisión sistemática de la literatura. Revista Internacional de Gestión e Ingeniería de la Producción, 2021, vol. 9, no 2, pág. 125-139.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala |
|----------------------------|---|---|--|--|--------|
| Independiente | Pardo Hernández (2019) denomina a este método como un revolucionario enfoque de gestión, llegando a ser una metodología que es usada como referente a mejorar la satisfacción de las necesidades del cliente. | Six sigma se centra en disminuir los defectos y satisfacer al cliente, de tal forma será medida a través de la repetibilidad y reproducibilidad y el índice de capacidad del proceso (Pardo Hernández, 2019). | Repetibilidad y Reproducibilidad | $r = \sqrt{[Sr^2]} = \sqrt{[\sum SW^2/p]}$ Sr = Variabilidad Interna Promedio Sw= desviación estándar de las n mediciones. $R = \sqrt{[SL^2]} = \sqrt{[Sm^2 - Sr^2/n]}$ Sm= Promedio menos la varianza. SL= Variabilidad de las condiciones. | Razón |
| Six sigma | | | Índice de capacidad del proceso | $\frac{\text{Capacidad de proceso obtenida}}{\text{Capacidad de proceso esperada}}$ $Cp = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$ | Razón |
| Dependiente | Según Botero et al., (2018) la calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos. | Busca eliminar al mínimo las pérdidas o errores, es así que será evaluada por el cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente y el rendimiento del proceso (Botero et al., 2018). | Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente. | $\frac{\text{Requerimientos cumplidos del cliente}}{\text{Requerimientos total del cliente}}$ | Razón |
| Calidad del proceso | | | Rendimiento del proceso | $\frac{(\text{Producción al inicio del proceso kg/semanal} - \text{Producción desechado con defectos kg/semanal})}{\text{Producción al inicio del proceso kg/semanal}}$ | Razón |

Anexo 7. Ficha de validación 01

| N° | VARIABLES – DIMENSIÓN - INDICADORES | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | DIMENSIÓN 1: índice de capacidad del proceso | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 1 | $\frac{\text{Capacidad de proceso obtenida}}{\text{Capacidad de proceso esperada}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | DIMENSIÓN 2: Repetibilidad y reproducibilidad | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 2 | $r = \sqrt{[Sr^2]} = \sqrt{[\Sigma SW^2/p]}$ $R = \sqrt{[SL^2]} = \sqrt{[Sm^2 - Sr^2/n]}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad del proceso | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | DIMENSIÓN 1: Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 3 | $\frac{\text{Requerimientos cumplidos}}{\text{requerimientos del cliente}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | DIMENSIÓN 2: Rendimiento del proceso | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 4 | $\frac{\text{(Producción al inicio del proceso kg/semanal - Producción desechado con defectos kg/semanal)}}{\text{Producción al inicio del proceso kg/semanal}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador: Gaspar Marlon Lozada Castillo

DNI: 17974953

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

Junio 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Gaspar Marlon Lozada Castillo
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. N° 164456

Firma del Experto Informante

Anexo 8. Ficha de validación 02

| N° | VARIABLES – DIMENSIÓN - INDICADORES | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | DIMENSIÓN 1: índice de capacidad del proceso | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 1 | $\frac{\textit{Capacidad de proceso obtenida}}{\textit{Capacidad de proceso esperada}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | DIMENSIÓN 2: Repetibilidad y reproducibilidad | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 2 | $r = \sqrt{[Sr^2]} = \sqrt{[\Sigma SW^2/p]}$ $R = \sqrt{[SL^2]} = \sqrt{[Sm^2 - Sr^2/n]}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad del proceso | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | DIMENSIÓN 1: Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 3 | $\frac{\textit{Requerimientos cumplidos}}{\textit{requerimientos del cliente}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | DIMENSIÓN 2: Rendimiento del proceso | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 4 | $\frac{\textit{(Producción al inicio del proceso kg/semanal - Producción desechado con defectos kg/semanal)}}{\textit{Producción al inicio del proceso kg/semanal}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [✓] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador: Carlos Sandoval Reyes

DNI:

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

Junio 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Carlos J. Sandoval Reyes
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. 151871

Firma del Experto Informante

Anexo 9. Ficha de validación 03

| N° | VARIABLES – DIMENSIÓN - INDICADORES | Pertinencia ¹ | | Relevancia ² | | Claridad ³ | | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
| | | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | DIMENSIÓN 1: índice de capacidad del proceso | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 1 | $\frac{\text{Capacidad de proceso obtenida}}{\text{Capacidad de proceso esperada}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | DIMENSIÓN 2: Repetibilidad y reproducibilidad | Si | No | Si | No | Si | No | |
| 2 | $r = \sqrt{[Sr^2]} = \sqrt{[\Sigma SW^2/p]}$ $R = \sqrt{[SL^2]} = \sqrt{[Sm^2 - Sr^2/n]}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad del proceso | Si | No | Si | No | Si | No | |
| | DIMENSIÓN 1: Cumplimiento de los requisitos otorgados por el cliente | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 3 | $\frac{\text{Requerimientos cumplidos}}{\text{requerimientos del cliente}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| | DIMENSIÓN 2: Rendimiento del proceso | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |
| 4 | $\frac{\text{(Producción al inicio del proceso kg/semanal - Producción desechado con defectos kg/semanal)}}{\text{Producción al inicio del proceso kg/semanal}}$ | ✓ | | ✓ | | ✓ | | |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Moncada Vergara Luz Angelita

DNI: 18110664

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

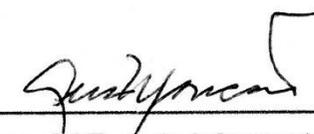
19 de Junio 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante

Anexo 10. *Etapas de la metodología six sigma.*

| Fase | Actividades |
|---------------------|--|
| Definir --> Y | Determinar metas, alcance y caso de negocio |
| | Comprender el problema, el contexto y los requerimientos |
| Medir | Identificar las causas potenciales y los inductores |
| | Recolectar y calificar los datos |
| Analizar --> X1, X2 | «Destilar» los datos |
| | Enfocarse y verificar las causas raíz y los inductores |
| | Cuantificar los impactos —técnicos y de negocio— |
| Innovar/Mejorar | Desarrollar y comprender las opciones de mejora |
| | Seleccionar la mejor solución |
| | Hacer piloto de solución y documentar los resultados |
| Controlar | Escalar y estandarizar la mejora |
| | Documentar y socializar el aprendizaje |

Fuente: Gutierrez y De La Vara, 2013, p.30.

Anexo 11. Toma de datos después del primer estudio de R&R.

| ESTUDIO R&R | | | | |
|--------------|--------------------------|-------|-------------------------|-------|
| Numero cajas | Operario 1/ turno mañana | | Operario 2/ turno tarde | |
| 1 | 4.550 | 4.530 | 4.555 | 4.550 |
| 2 | 4.110 | 4.140 | 4.120 | 4.130 |
| 3 | 4.100 | 4.000 | 4.150 | 3.900 |
| 4 | 4.430 | 4.470 | 4.450 | 4.440 |
| 5 | 4.490 | 4.450 | 4.470 | 4.450 |
| 6 | 4.760 | 4.880 | 4.790 | 4.770 |
| 7 | 4.120 | 4.170 | 4.150 | 4.130 |
| 8 | 4.410 | 4.450 | 4.440 | 4.440 |
| 9 | 3.899 | 3.901 | 3.892 | 4.980 |
| 10 | 4.690 | 4.700 | 4.695 | 4.670 |
| 11 | 4.100 | 3.800 | 4.000 | 4.050 |
| 12 | 4.650 | 4.690 | 4.649 | 4.640 |
| 13 | 4.520 | 4.600 | 4.525 | 4.530 |
| 14 | 4.900 | 4.800 | 4.750 | 4.810 |
| 15 | 4.520 | 4.560 | 4.530 | 4.530 |
| 16 | 3.980 | 3.850 | 3.730 | 3.783 |
| 17 | 4.510 | 4.650 | 4.540 | 4.540 |
| 18 | 4.490 | 4.480 | 4.470 | 4.470 |
| 19 | 4.180 | 4.190 | 4.190 | 4.160 |
| 20 | 3.700 | 3.800 | 3.900 | 3.767 |

Anexo 12. Datos de la gráfica de control

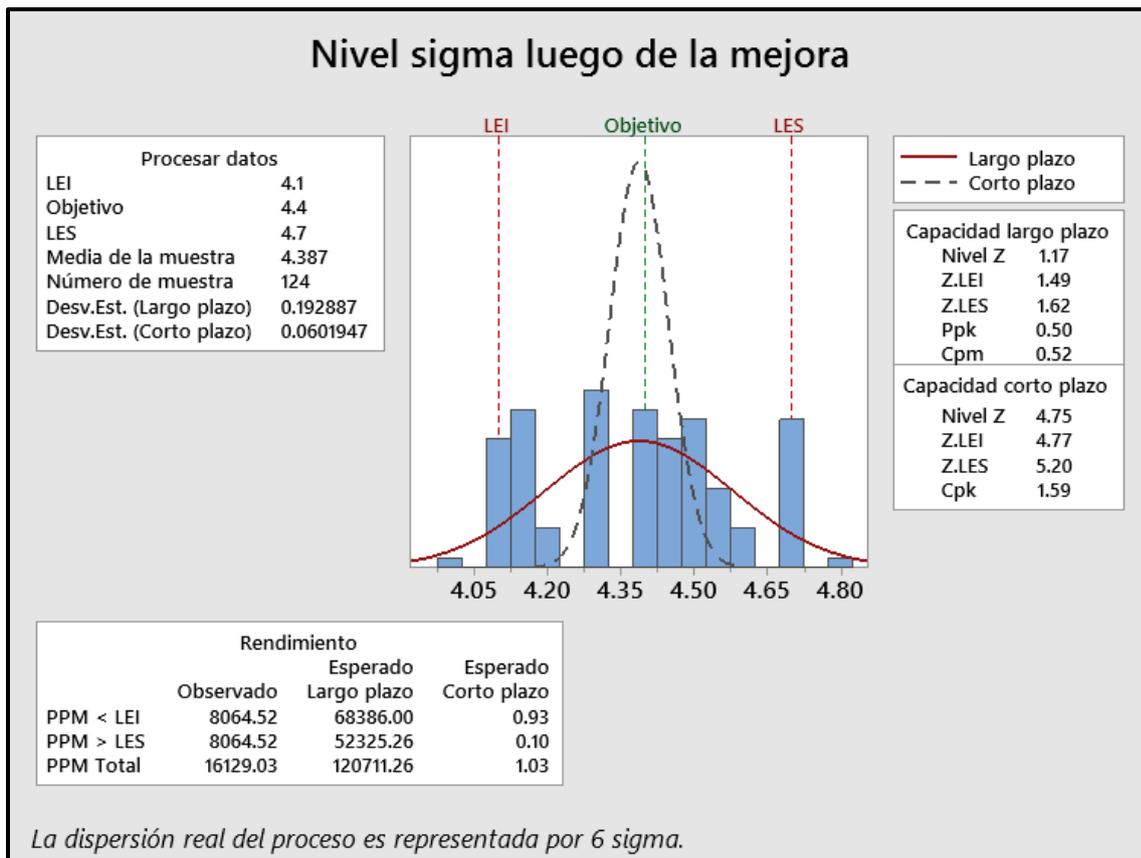
Evaluación de las cartas de control luego de la mejora

| Evaluación 1 | Evaluación 2 | Evaluación 1 | Evaluación 2_1 |
|--------------|--------------|--------------|----------------|
| 4.474 | 4.470 | 4.460 | 4.473 |
| 4.474 | 4.470 | 4.460 | 4.473 |
| 4.474 | 4.470 | 4.460 | 4.473 |
| 4.474 | 4.470 | 4.460 | 4.473 |
| 4.300 | 4.300 | 4.300 | 4.300 |
| 4.400 | 4.400 | 4.400 | 4.400 |
| 4.400 | 4.402 | 4.409 | 4.408 |
| 4.490 | 4.489 | 4.470 | 4.483 |
| 4.200 | 4.200 | 4.200 | 4.200 |
| 4.140 | 4.170 | 4.150 | 4.155 |
| 4.410 | 4.430 | 4.420 | 4.140 |
| 4.230 | 4.230 | 4.230 | 4.230 |
| 4.474 | 4.470 | 4.460 | 4.473 |
| 4.490 | 4.489 | 4.470 | 4.483 |
| 4.300 | 4.300 | 4.700 | 4.700 |
| 4.400 | 4.400 | 4.400 | 4.400 |
| 4.400 | 4.402 | 4.409 | 4.408 |
| 4.300 | 4.300 | 4.300 | 4.300 |
| 4.300 | 4.300 | 4.300 | 4.300 |
| 4.400 | 4.380 | 4.398 | 4.393 |
| 4.560 | 4.560 | 4.560 | 4.560 |
| 4.610 | 4.610 | 4.610 | 4.610 |
| 4.300 | 4.303 | 4.302 | 4.312 |
| 4.474 | 4.470 | 4.460 | 4.473 |
| 4.490 | 4.489 | 4.470 | 4.483 |
| 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| 4.400 | 4.400 | 4.400 | 4.400 |
| 4.410 | 4.430 | 4.420 | 4.140 |
| 4.200 | 4.200 | 4.200 | 4.200 |
| 4.688 | 4.500 | 4.690 | 4.500 |
| 4.300 | 4.300 | 4.300 | 4.300 |
| 4.400 | 4.400 | 4.400 | 4.400 |
| 4.500 | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| 4.300 | 4.303 | 4.302 | 4.312 |

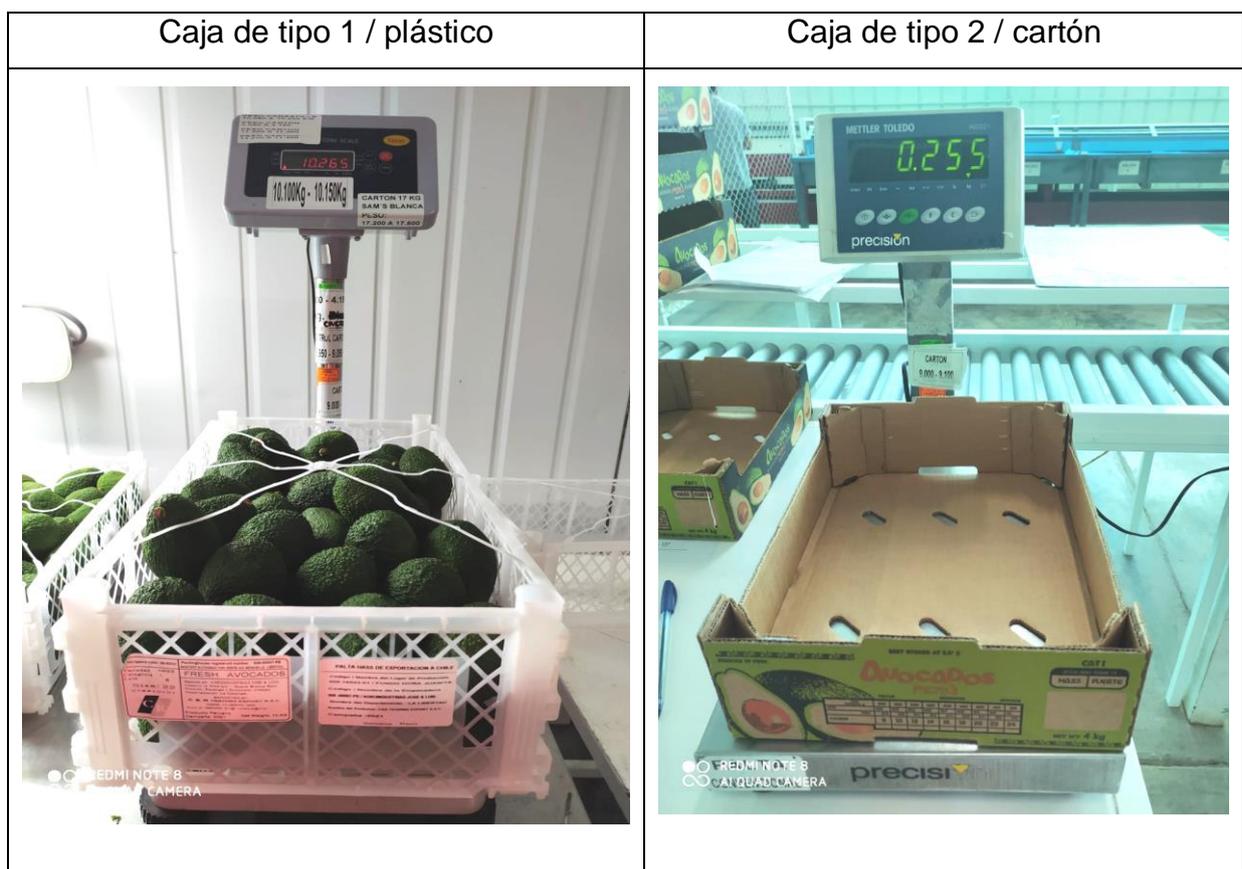
Anexo 13. Después de la mejora

Fuente:
minitab

2019



Anexo 14. Fotos del tipo de caja de las paltas



Anexo 15. Proceso después de la mejora.



Anexo 16. Carta de solicitud de permiso a la empresa.

Chepén, 12 de Noviembre del 2021

Sr./ Sra.

EGRESADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UCV

De mi consideración:

Mediante la presente, le AUTORIZO a publicar el resultado de su investigación titulada "Six Sigma y su efecto en la Calidad del Proceso de Empaque de la Empresa Agroindustrias José y Luis, 2021" llevada a cabo en la empresa que represento en el año 2021. Entiendo que la publicación se hará en el repositorio digital de la Biblioteca de la Universidad César Vallejo, lo cual ayudará a que otros estudiantes puedan aprovechar de sus indagaciones.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente, ing. Eduardo Jara Flores.


AGROINDUSTRIAS JOSÉ Y LUIS S.A.C
Ing. Eduardo Jara Flores
Ingeniero de Calidad Packing
C.P. 192372

JEFE DE PACKING:
DNI. 43867510

Anexo 17. Permiso para el desarrollo de la investigación.

Chepén, 30 de julio del 2021

Ing. Jara Flores, Eduardo
JEFE DE PACKING
AGROINDUSTRIAS JOSÉ & LUIS

ASUNTO: Autorización para desarrollar una investigación académica y publicar los resultados en el repositorio digital de la Biblioteca de la Universidad César Vallejo.

De nuestra consideración:

Al encontrarnos cursando el 09° Ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería industrial en la Universidad Privada César Vallejo hemos propuesto un Proyecto de Investigación denominado "Six Sigma y su efecto en la Calidad del Proceso de Empaque de la Empresa Agroindustrias José y Luis, 2021", el cual adjuntamos a la presente para su conocimiento.

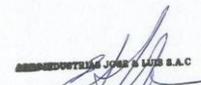
Como podrá usted ver, nuestro interés de llevar a cabo una investigación académica en su prestigiosa institución obedece a que podemos aplicar la teoría que hemos aprendido a lo largo de 4 años en las distintas materias que hemos llevado en la carrera profesional. Consideramos que los resultados que obtengamos serán de aporte para su representada y redundarán en beneficio de ella.

Comprendemos que los datos que nos provean para llevar a cabo dicha investigación son confidenciales y propiedad de su institución, por lo cual, acudimos a usted para solicitar su autorización a fin de desarrollar dicha investigación que tendrá resultados, los cuales le serán entregados. Igualmente solicitamos su autorización a fin de nuestra universidad pueda publicar dicha investigación en el repositorio digital de la Biblioteca, lo cual ayudará a que otros estudiantes puedan aprovechar.

Esperando contar con su apoyo, nos despedimos agradecidos por su gentil respuesta, la cual necesitamos en documento oficial de su empresa (con firma y sello) a fin de entregar a nuestra universidad.

Sin otro particular, nos despedimos.

Atentamente, José Cruzado Gálvez y Breysi Terán Cabanillas.


AGROINDUSTRIAS JOSÉ & LUIS S.A.C.
Ing. Eduardo Jara Flores
Ingeniero de Calidad Packing
CIP 110002