



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación de la metodología six sigma y su efecto en la productividad  
de la empresa Caleb LTDA, Pacanga, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

**AUTOR:**

Quispe Riojas, Heyner Fernando (ORCID: 0000-0002-2029-4910)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión empresarial y productiva

CHEPÉN – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

La presente tesis le dedico a Dios por el privilegio que me ha dado para hacer realidad mis sueños y a mis padres porque ellos fueron mi inspiración para seguir estudiando y destacarme profesionalmente.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme la vida y la oportunidad de poder cumplir con un objetivo más en mi carrera profesional, a mis padres por el constante apoyo brindado, profesores y amigos que me han permitido llegar a estas instancias.

## Índice de contenidos

|   |      |
|---|------|
| Dedicatoria.....  | ii   |
| Agradecimiento .....                                      | iii  |
| Índice de contenidos .....                                | iv   |
| Índice de tablas.....                                     | v    |
| Índice de gráficos y figuras.....                         | vi   |
| Resumen .....   | vii  |
| Abstract.....   | viii |
| I. INTRODUCCIÓN .....                                     | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                   | 4    |
| III. METODOLOGÍA .....                                    | 9    |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación.....                  | 9    |
| 3.2. Variables y operacionalización .....                 | 9    |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                  | 10   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 10   |
| 3.5. Procedimiento.....                                   | 11   |
| 3.6. Método de análisis de datos .....                    | 12   |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 12   |
| IV. RESULTADOS .....                                      | 13   |
| V. DISCUSIÓN.....   | 49   |
| VI. CONCLUSIONES .....                                    | 53   |
| VII. RECOMENDACIONES.....                                 | 54   |
| REFERENCIAS .....   | 55   |
| ANEXOS.....   | 60   |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación de los problemas de la empresa .....                                    | 14 |
| Tabla 2. Productividad de mano de obra y materia prima antes de la metodología six sigma ..... | 15 |
| Tabla 3. Productividad total .....   | 16 |
| Tabla 4. Marco del proyecto seis sigma .....   | 17 |
| Tabla 5. Requerimientos del cliente .....  | 18 |
| Tabla 6. DPMO .....  | 23 |
| Tabla 7. Causas potenciales .....  | 25 |
| Tabla 8. Correlaciones de los factores .....   | 30 |
| Tabla 9. Resumen de los factores .....   | 32 |
| Tabla 10. Niveles de los factores .....  | 32 |
| Tabla 11. Diseño factorial.....  | 33 |
| Tabla 12. Solución de las causas.....  | 38 |
| Tabla 13. Nuevo DPMO .....   | 42 |
| Tabla 14. Comparación de los valores de six sigma .....  | 42 |
| Tabla 15. Indicador de productividad mano de obra y materia prima. ....                        | 44 |
| Tabla 16. Productividad total después de la mejora .....                                       | 45 |
| Tabla 17. Comparación de los indicadores de productividad antes y después .....                | 46 |

## Índice de gráficos y figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. DAP del proceso del banano.....                                    | 13 |
| Figura 2. Diagrama Pareto de los problemas de la empresa.....                | 14 |
| Figura 3. Diagrama de proceso detallado.....                                 | 19 |
| Figura 4. Estudio R&R .....  | 20 |
| Figura 5. Estudio de estabilidad .....                                       | 21 |
| Figura 6. Histograma de la capacidad del proceso.....                        | 22 |
| Figura 7. Nivel sigma .....  | 24 |
| Figura 8. Diagrama de Ishikawa.....  | 25 |
| Figura 9. Diagrama de Pareto de las X potenciales .....                      | 26 |
| Figura 10. Correlación de Pearson entre la calibración y productividad ..... | 27 |
| Figura 11. Regresión lineal simple .....                                     | 28 |
| Figura 12. Diagrama de Ishikawa en la calibración fuera de los límites.....  | 29 |
| Figura 13. Regresión múltiple .....  | 31 |
| Figura 14. Análisis del diseño factorial .....                               | 34 |
| Figura 15. Optimización del proceso. ....                                    | 35 |
| Figura 16. Capacidad del proceso mejorado. ....                              | 36 |
| Figura 17. Nuevo valor sigma .....   | 37 |
| Figura 18. Nuevo DAP .....   | 39 |
| Figura 19. Colchonetas y bandejas .....                                      | 40 |
| Figura 20. Diagrama de Gantt.....  | 41 |
| Figura 21. Control del proceso a través de la gráfica de control.....        | 43 |
| Figura 22. Prueba de normalidad.....   | 47 |
| Figura 23. Prueba de muestras emparejadas .....                              | 48 |

## Resumen

Esta investigación tuvo como principal objetivo determinar el efecto que produce la aplicación de la metodología six sigma en la productividad. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo con un nivel explicativo. El estudio fue de tipo aplicado con un diseño pre experimental. La población estuvo conformada por los datos cuantitativos tomados en el proceso de producción y la muestra fueron los datos tomados en el proceso de producción durante 4 meses antes y 4 después de aplicar la mejora. Las técnicas empleadas en la recolección de datos fueron la encuesta, la observación y el análisis documental. Se utilizó la metodología six sigma a través de las cinco etapas que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Los datos se analizaron mediante la estadística descriptiva e inferencial a través del software estadístico SPSS. Como conclusión se determinó que la aplicación de la metodología six sigma tuvo un efecto positivo en la productividad de la empresa, lo que logró aumentar en 21.13% la productividad total, del mismo modo el nivel sigma mejoró de 1.53 a 3.49 sigma. Se aplicó la prueba t student para realizar la contrastación de la hipótesis, obteniéndose un nivel de significancia de 0.000 lo que permitió su aceptación.

Palabras clave: metodología six sigma, productividad, nivel sigma

## **Abstract**

The main objective of this research was to determine the effect that the application of the six sigma methodology produces on productivity. The research had a quantitative approach with an explanatory level. The study was of an applied type with a pre-experimental design. The population was made up of the quantitative data taken in the production process and the sample was the data taken in the production process during 4 months before and 4 after applying the improvement. The techniques used in data collection were the survey, observation and documentary analysis. The six sigma methodology was used through the five stages that are define, measure, analyze, improve and control. The data were analyzed using descriptive and inferential statistics through the SPSS statistical software. As a conclusion, it was determined that the application of the six sigma methodology had a positive effect on the productivity of the company, which managed to increase total productivity by 21.13%, in the same way the sigma level improved from 1.53 to 3.49 sigma. The t student test was applied to test the hypothesis, obtaining a significance level of 0.000, which allowed its acceptance.

Keywords: six sigma methodology, productivity, sigma level



## I. INTRODUCCIÓN

El banano es uno de los frutos más prolíficos producidos en todo Latinoamérica (Fao, 2019). Ecuador fue superior a nivel mundial en exportar bananos y Guatemala como el segundo entre los años 2016 y 2018, en el año 2019 ocurrió una reducción en cuanto a la exportación del banano, unos de los factores fue debido a la pérdida de la calidad del banano y aparición de nuevas frutas comerciales, por lo que el gobierno de Filipinas ejecutó un plan de inversión de 24 millones anuales hasta el 2022 para ayudar a los productores de banano a aumentar su productividad, con el apoyo del gobierno Filipinas logró ocupar el segundo lugar en exportación de bananos orgánicos. En el entorno global son pocas las empresas privadas que reciben ayuda de parte del gobierno por lo que se han obligado a usar técnicas y diferentes metodologías que optimicen y ayuden a mejorar los procesos. Las industrias que quieren progresar deben prepararse para afrontar condiciones cada vez más exigentes, haciendo uso eficiente de sus recursos, apoyándose de herramientas que buscan solucionar los problemas, como es la metodología six sigma que siempre estuvo enfocado en la calidad convirtiéndose como una estrategia de mejora y niveles de desempeño, teniendo en cuenta las especificaciones de los clientes. Además, six sigma tiene la función de buscar el motivo de los defectos, errores y demora de los procesos para luego eliminarlos (Gutiérrez y Salazar, 2014). Por consiguiente mejorar los procesos y aprovechar los recursos se han convertido en una necesidad indispensable para las organizaciones, ya que los clientes son más estrictos con la calidad de un producto, por esa misma razón las empresas deben mantenerse al margen de las expectativas cambiantes del mercado.

En el Perú la exportación de bananos hacia los países de Europa, Estados Unidos y Asia, siempre han sido bananos orgánicos lo que ha presentado un mayor valor unitario, debido a esto muchas empresas en el Perú están dedicadas a la exportación del banano, que con el tiempo estas empresas han ido creciendo en su rubro, pero muchos de ellas han descuidado la calidad de sus productos, la falta de capacitación del personal ha hecho que el procedimiento de trabajo sean inadecuadas para laborar, no habiendo planes de mejora, ni aplicación de métodos, dejando de analizar y controlar los procesos de producción.

La empresa Caleb situada en san José de moro, está enfocada a la producción y exportación de bananos, ha obtenido un gran crecimiento y acogida del mercado internacional debido a que sus bananos exportados son frutas orgánicas, Se encontró realizando sus funciones perdiendo valor durante el proceso productivo, Caleb cuenta con 60 operarios que laboran 8 horas diarias 5 días a la semana (9600 horas/mes), exporta bananos de dos variedades el Cavendish Y Williams, produce en promedio 7760 cajas de bananos al mes, esto conlleva a tener una productividad de 0.81 cajas mes/h-h en mano de obra, su consumo promedio mensual es de 10811.54 kg de materia prima, por lo tanto su productividad es 0.72 cajas mes/kg en materia prima, los índices de productividad de la empresa estaban siendo bajas, por lo que hay una empresa del mismo rubro de igual tamaño que tiene sus indicadores de productividad más altos, tal es el caso de la empresa Apaga, cuenta con 60 operarios que laboran 8 horas diarias 5 días a la semana, esta empresa produce 9500 cajas de banano mensual, respecto a sus indicadores de productividad es 0.99 cajas mes/h-h en mano de obra, la competencia tiene un consumo promedio mensual en materia prima de 11120.12 kg, lo que conlleva a una productividad de materia prima de 0.85 cajas mes/kg. Esto quiere decir que la empresa Caleb estuvo pasando por dificultades, no se encontró usando de forma correcta sus recursos, por ejemplo el uso del parafilm y la caja de cartón existían desperdicios, se detectó que al momento de ingresar los materiales no se realizaban ninguna inspección, ya que al momento de su uso se daban cuenta de que estaban incompletos y en malas condiciones, por otro lado el personal desconocía las actividades del proceso como es en el momento del enfunde y el desflore, la fruta era cosechada en el tiempo incorrecto no cumpliendo con las especificaciones del cliente además se reportaba fruta golpeada y esto sucedía al momento de cortar y trasladar el racimo de la planta hacia la empacadora, en el área de selección el operario presentó poca importancia en cuanto a la calidad de la fruta dejando ir bananos pequeños y con algún defecto, y en el área de pesado se presentó una demora por el sobrepeso de la caja de bananos. Todos los problemas mencionados anteriormente conllevó a que la empresa no pudiera cumplir con las especificaciones y expectativas de sus clientes, la presencia de bananos con deformidades, rayados, fruta golpeada, mal cortada, variabilidad en el tamaño no sirvieron para su exportación, como resultado se obtuvo una baja

productividad y pérdida económica para la empresa. Por estos motivos fue necesario ejecutar la metodología six sigma el cual nos permitió analizar el sistema productivo dando solución a todos aquellos problemas que se presentaron dentro del proceso con el fin de eliminar y reducir el origen de la problemática, logrando mejorar su proceso y calidad del banano, teniendo como propósito incrementar la productividad. Pero ¿Qué efecto produce la aplicación de la metodología six sigma en la productividad de la empresa Caleb LTDA, Pacanga, 2020?

Se justifica socialmente este trabajo de investigación porque permitió aportar técnicas de mejora que ayudó al personal a realizar de manera correcta su labor, así mismo a la empresa ser más eficiente en su proceso de producción. De manera práctica se justifica porque buscó la manera de solucionar los errores presentados durante el proceso y además se vio la necesidad de mejorar la productividad en la empresa Caleb empleando la metodología six sigma. Metodológicamente la investigación se justifica porque se realizó con el propósito de aportar con un modelo de estudio en empresas productoras y exportadoras de banano en el Perú, que en adelante puede servir como un ejemplo de trabajo aplicativo. Teóricamente se justifica este proyecto de investigación porque se aplicó las teorías relacionadas a la metodología six sigma, lo cual permitieron tener un beneficio y una oportunidad para mejorar la productividad.

Seguidamente como objetivo general del proyecto de investigación fue determinar el efecto que produce la aplicación de la metodología six sigma en la productividad de la empresa Caleb LTDA, Pacanga, 2020. Para cumplir con el objetivo anteriormente mencionado se desarrolló los siguientes objetivos específicos la cual fue, analizar el estado actual de la empresa y medir la productividad antes de la aplicación de la metodología six sigma, posteriormente como segundo objetivo consistió en aplicar la metodología six sigma en la empresa Caleb LTDA, y como tercer y último objetivo fue medir la productividad de la empresa después de haber aplicado la metodología six sigma comparándola con la inicial.

Esta investigación se planteó la siguiente hipótesis: la aplicación de la metodología six sigma tendrá un efecto positivo en la productividad de la empresa Caleb LTDA.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación se presenta trabajos antecesores que han tenido la oportunidad de aplicar la metodología six sigma, lo cual permitió contrastar con esta investigación, por consiguiente a nivel internacional tenemos a Tolamatl, Gallardo, Varela y Flores (2011) en su investigación titulada aplicación de six sigma en una microempresa del ramo automotriz. Su objetivo principal fue disminuir el producto disconforme y los costos originados por no cumplir con la calidad. Fue un estudio aplicado pre experimental, los instrumentos empleados fueron, la matriz crítica para el cliente, métrica de desempeño, capacidad de proceso, gráfica de flujo del proceso, registros de control y mantenimiento productivo total. Los principales resultados que se logró fue reducir en un 13% los productos no conformes, permitió que el proceso sea más eficiente elevando el nivel sigma de 2.4 a 3.6 sigma. El estudio concluye que gracias al personal de trabajo permitió que el proyecto sea exitoso disminuyendo la variación del proceso.

Del mismo modo tenemos a Caicedo (2011) en su estudio que lleva por título aplicación de la metodología seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones. Su objetivo principal fue reducir los costos de no calidad y mejorar la capacidad de los procesos. Fue un estudio aplicado, como instrumentos empleados fueron, la métrica de desempeño, capacidad del proceso y gráfica de flujo de proceso. Los principales resultados que se logró fue la reducción de los productos no conformes pasando de 256767 DPMO a 57700 DPMO, en cuando al índice de capacidad del proceso mejoró de 0.41 a 0.89 Cp, así mismo se redujo los costos de la no calidad de un 5% a 3% del total facturado. En conclusión el proyecto tuvo un impacto positivo en la empresa gracias a la metodología six sigma, la cual disminuyó la cantidad de unidades disconformes.

En cuanto al entorno nacional tenemos la tesis de Aguilar (2018) titulada six sigma para mejorar la productividad en una empresa dedicada a la producción de maca. Su objetivo principal fue aumentar la productividad aplicando la metodología six sigma. Fue un estudio aplicado con diseño cuasi experimental. Su población de estudio fue, la producción de 1687 bolsas de maca durante 5 meses y la muestra conformada por la producción de 620 bolsas de maca durante 2 semanas, como instrumentos se utilizó las fichas de unidades producidas, fichas de toma de tiempos y registros de defectos. Como principal resultado aumentó la productividad

de 88.45% a un 95.59%, esto incrementó en un 7.14%, además el nivel sigma inicial del proceso fue superado de 3.9 sigma a 4.3 sigma. En conclusión se logró elevar la productividad de la empresa con el desarrollo de la metodología six sigma.

Seguidamente tenemos a Roncal, Esquivel y Moreno (2016), en su investigación titulada, metodología six sigma para incrementar la productividad en el área de producto terminando en una empresa pesquera artesanal. Su objetivo principal fue, proponer la metodología six sigma para mejorar la productividad. Fue un estudio aplicado pre experimental. La población de estudio así como la muestra fue considerada el producto terminado en el almacén de la empresa, se utilizaron instrumentos como el diagrama de actividades, cursograma analítica, el cuestionario y el nivel sigma. Esto mejoró la productividad en un 36.7%, y se obtuvo un aumento de 1.8 a 3.7 sigma. En conclusión la presente investigación resultó ser exitosa, ya que se logró tener un proceso productivo más eficiente.

En cuanto al entorno local también existen trabajos con resultados logrados tal es el caso de Rojas, Pretell, Vásquez, Cáceres y Márquez (2015), que tienen por título aplicación de la metodología six sigma, para el control y reducción de la variabilidad del pH. Su objetivo principal fue, disminuir la variabilidad del pH en las conservas vegetales. Fue una investigación aplicada con diseño pre experimental. Tomó en cuenta su población y muestra, el proceso de elaboración de conserva de pimiento de la fábrica localizada en Trujillo, se utilizaron instrumentos como el diagrama de proceso y las fichas de observación. El principal resultado obtenido fue la mejora de la capacidad del proceso de 0.45 a 1.3 Cp, además disminuyó los defectos del producto de 609532.89 DPMO a 37674.65 DPMO. En conclusión al implementar la metodología six sigma generó una mejora de procesos reduciendo los productos no conformes para el cliente.

Seguidamente tenemos a Sánchez (2018) en su tesis titulada metodología six sigma en la mejora de la gestión logística. Su objetivo principal fue mejorar la gestión logística en la empresa. Fue un estudio aplicado no experimental, se analizó los requerimientos generados del área de compras de enero a diciembre del año 2017; los instrumentos utilizados fueron el nivel de sigma del proceso, gráficos de control y registros e indicadores. Los beneficios que se obtuvieron fueron el aumento del nivel sigma de 2.07 a 2.60, también se disminuyeron los costos de abastecimiento y almacén en S/ 8 226.79 y S/ 3 981.35 respectivamente. En conclusión el estudio

demostró que la mejora aplicada influyó favorablemente en la empresa demostrando un ahorro y mejoramiento de la gestión logística.

Es indispensablemente contar con las siguientes teorías que sustentan esta investigación, para Gutiérrez y Salazar (2013), “la metodología six sigma es un plan de mejora dirigido al cliente, que consiste en descubrir y detectar el origen de los problemas que surgen en el proceso para luego eliminarlos” (p. 398). Así mismo Cruz y Reyes (2015) menciona que al aplicar la metodología six sigma permite generar mejoras y cambios positivos en la empresa influyendo en su efectividad y productividad. Teniendo en cuenta que desde su invención fue usada para disminuir la variación del proceso, mejorar la calidad y productividad en la empresa si logran aplicarla (Garza, González, Rodríguez, Hernández, 2016). Es importante tener en claro que six sigma contiene un modelo estructurado que para su desarrollo según Ocampo y Pavón (2012) se debe realizar las siguientes etapas que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar, todas estas etapas están conectadas en forma lógica entre sí. La etapa definir, consiste en determinar el proyecto a partir de los problemas que afectan a la calidad y al cliente, se establece el objetivo claro y alcanzable (Gutiérrez y Salazar, 2013). En la etapa medir, ayuda a entender mejor la magnitud del problema, se decide cómo se medirá el proceso, qué variables serán objeto de medición y los métodos de medición que serán empleados (Ocampo y Pavón, 2012). Con respecto a la etapa analizar, esta nos permite evaluar los resultados obtenidos anteriormente, en donde identifican y confirman las causas entendiendo como y porque se generan los problemas (Varela, Flores y Tolamatl, 2010). En la fase de mejorar, consiste en plantear soluciones para radicar y corregir el motivo del problema (Fontalvo, 2011). Y por último en la etapa de controlar, consiste en realizar seguimiento a las acciones de mejora, previniendo que los problemas no vuelvan a ocurrir, documentando un plan de mejora en las operaciones de trabajo así mismo monitorear el proceso (Luis, Garcia y Villareal, 2018).

Según Benjamin y Andris (2009), el diagrama de pescado consiste en definir un problema que luego busca conocer cuáles son sus causas, se clasifican por categorías las cuales son medio ambiente, métodos, materiales, máquina, medición y mano de obra. Continuamente tenemos al “diagrama de Pareto este consiste en determinar los problemas ocurridos en el proceso según su priorización, es

nombrado como la regla 80-20, donde el 20% generan el mayor impacto al 80%” (Vela, 2017, p.29). Según Gutiérrez y Salazar (2013), nos dice que un marco del proyecto ayuda a resumir todo lo que se va a trabajar para la realización del proyecto. La carta de control nos ayuda a observar y analizar cómo se está comportando o funcionando el proceso en función del tiempo, analiza también la variabilidad y controla el proceso basándose en las características del cliente (Evans y Lindsay, 2014). Así mismo los autores Heizer y Render (2009) dicen que la hoja de verificación nos ayuda a obtener datos en un formato estructurado de manera sencilla de llenar analizando de manera visual los resultados encontrados. Por otro lado Niebel y Freivalds (2009) menciona que un DAP llamado diagrama de análisis de proceso es una forma de representar el trabajo que se realiza en un proceso en forma gráfica. Según Tarí (2000) define la “calidad como la satisfacción plena del cliente, cumpliendo con especificaciones determinadas” (p. 24). Para Cadena (2018) control de calidad se enfoca en la revisión y verificación de los productos, a través de una inspección específica, para evitar que no vayan productos defectuosos para los clientes. Si hablamos de desperdicios para Gonzales (2011) dice que es el resultado de un error o falla fuera del proceso normal de producción lo cual puede ser evitable. Por otro lado tenemos el concepto de repetibilidad según los autores Escalante y Vásquez (2013) se refiere a la precisión de las mediciones, cuando el instrumento de medición es capaz de repetir varias medidas de un mismo objeto dadas por un operador y todas las mediciones son similares. En cambio la reproductibilidad, es generada por la variación del sistema de medición, cuando diferentes operarios realizan medidas en un mismo objetivo varias veces con el mismo instrumento (Botero, Arbeláez y Mendoza, 2007). Según Espejo (2020) el diseño de experimentos permite encontrar los valores óptimos de un proceso. En cuanto a la capacidad de proceso para Gutiérrez y Salazar (2013) consiste, en saber su extensión en la variabilidad natural del proceso enfocándose en las especificaciones y al valor ideal. De este concepto se despliega la capacidad potencial del proceso, según Astorga (2013) menciona que, es un índice desarrollado a través de la variación tolerada dividiendo la amplitud de la variación natural del proceso definiéndose por la siguiente fórmula:  $C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$ . Donde este símbolo ( $\sigma$ ) significa la desviación estándar del proceso así mismo (ES) representa la especificación superior y (EI) el inferior, ahora si queremos tener

un proceso ideal cumpliendo con las especificaciones, es importante que el indicador Cp sea superior que 1, pero si el resultado indica todo lo contrario es decir menor que 1, se tiene la certeza que el proceso no está cumpliendo con las especificaciones.

Así mismo los autores Delgado y Rueda (2019) mencionan que los defectos por oportunidad, es una métrica de la calidad que permite observar la cantidad de defectos entre todas las oportunidades al momento de producir una cantidad de productos, para calcular la fórmula es la siguiente:  $DPO=d/U \times O$ . La cual (d) representa los defectos de la no conformidad de la calidad que tiene especificado el producto, (u) significa la cantidad de unidades que han sido verificadas y (O) permite ver si se está cumpliendo con el requerimiento específico, lo cual basándose en esto se determina el número de oportunidad por error. Con respecto al DPMO consiste, en cuantificar el número de defectos en el proceso por un millón de oportunidades de error, su fórmula es la siguiente:  $(DPMO=DPO \times 1000000)$ , en simples palabras es una multiplicación del DPO por un millón (Gutiérrez y Salazar, 2013). El nivel sigma informa cuántas desviaciones estándar pueden estar entre los límites de especificación del proceso y para determinar el nivel sigma se ubica el resultado del DPMO o PPM en la tabla de conversión nivel sigma (Aguilar, 2018). La producción es la obtención de un bien o servicio, donde se ha hecho uso de una serie de actividades para lograr generar valor (Heizer y Render, 2009). “La productividad es un índice que ayuda a conocer el nivel de utilización de los recursos, para mejorar la productividad se debe maximizar los resultados y optimizar el uso de los recursos” (García, 2005, p.9). Pero para Prokopenko (2013) la productividad consiste en la relación de lo producido entre los recursos que se han usado, su fórmula es:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos usados}}$$

De acuerdo con Heizer y Render (2009) menciona que la productividad puede ser parcial como mano de obra y materia prima, entonces la productividad mano de obra se define en producción/horas-hombre, seguidamente define productividad de materia prima en producción/unidades de materia prima. Y la productividad total es la relación de la producción entre todos los factores que han sido utilizados, dicho



esto la productividad total es medida en, utilidad por sol invertido en recursos de mano de obra y de materia prima (Bória y García, 2006).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El presente trabajo fue un estudio aplicado, según Baena (2014) señala que esta investigación lleva a la práctica las teorías generales, permitiendo dar solución a los problemas ocasionados en el trabajo. Por tal motivo la aplicación de la metodología six sigma generó nuevos conocimientos los cuales pueden servir para otros estudios, porque se llevó a la práctica los conocimientos teóricos para la solución de los problemas que afectaban al proceso productivo.

##### **Diseño de investigación**

Este trabajo tuvo un diseño pre experimental, de acuerdo a los autores Cabezas, Andrade y Torres (2018) un diseño pre experimental, analiza un solo grupo donde se hace una medición antes y después de haber sucedido un cambio. En tal sentido el presente estudio se manipuló intencionalmente la variable productividad con el fin de realizar la medición antes y después de haber aplicado la metodología six sigma.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Las variables de esta investigación según su clasificación por su naturaleza fue cuantitativa, la cual tuvo una escala de medición de razón, cabe resaltar que la variable independiente fue six sigma y como variable dependiente fue la productividad.

##### **Variable independiente: six sigma**

**Definición conceptual:** para Gutiérrez y Salazar (2013), “six sigma es un plan de mejora dirigido al cliente, que consiste en descubrir y detectar el motivo de los problemas que se originan durante un proceso para luego eliminarlos” (p. 398).

**Definición operacional:** según Ocampo y Pavón (2012) dice que six sigma permite desarrollar una metodología estructurada a partir de las etapas que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar, las cuales están conectadas en forma lógica entre sí. En tal sentido la forma en que se evaluó esta variable fue a través

de la capacidad del proceso (Gutiérrez y Salazar, 2013). Y el nivel sigma (Aguilar, 2018).

**Variable dependiente: Productividad**

**Definición conceptual:** Según Prokopenko (2013) la productividad es la relación de la producción entre los recursos que se han usado, la cual pueden ser cantidad de trabajadores, tiempo empleado, materiales, horas-máquina.

**Definición operacional:** según Heizer y Render (2009) la productividad se evaluó a través de la mano de obra y materia prima. Así mismo también la productividad total (Bória y García, 2006)

**3.3. Población, muestra y muestreo**

**Población:**

Cabezas et al. (2018) nos dice que la población engloba a todo, se hace llamar como un universo, haciendo referencia a la unión de todo el grupo de elementos teniendo en cuenta sus características en la que se va a delimitar el estudio (p.88). De esta forma la investigación fue compuesta su población de estudio, por los datos cuantitativos tomados en el proceso de producción de la empresa Caleb LTDA.

**Muestra:**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan a la muestra como a un subgrupo, es decir toma una pequeña parte de la población, para conocer y recolectar datos específicos. Dicho esto como muestra de estudio fueron los datos tomados en el proceso de producción durante 4 meses antes y 4 meses después de aplicar la metodología six sigma.

Se tuvo un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que Hernández et al. (2014) menciona que este tipo de muestreo para su procedimiento no se basa en fórmulas de probabilidad por lo tanto al elegir los elementos no depende de una probabilidad, sino que va a depender de las causas enfocadas.

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para desarrollar la investigación se emplearon técnicas e instrumentos de acuerdo a los objetivos:

Para analizar el estado actual de la empresa, la técnica usada fue la encuesta y como instrumento un cuestionario (anexo 2), también se usó la técnica de la observación y como instrumentos un diagrama de análisis de proceso (anexo 3),

para medir la productividad inicial se utilizó la técnica del análisis documental teniendo como instrumentos una ficha de registro de materiales (anexo 4), ficha de registro de productividad mano de obra, materia prima (anexo 5) y la ficha de productividad total (anexo 6).

En la aplicación de la metodología six sigma se utilizó la observación y el análisis documental como técnica y como instrumentos un marco de proyecto (anexo 7), una ficha de registro para la calibración del banano (anexo 8), ficha de registro para defectos del banano (anexo 9), registro de lluvia de ideas (anexo 10), un programa de capacitación del personal (anexo 11) y un registro de asistencia de capacitación (anexo 12).

Posteriormente para medir los resultados luego de la aplicación se usó la técnica del análisis documental, usando los mismos instrumentos que se utilizó al inicio como la ficha de registro de productividad mano de obra, materia prima y la ficha de productividad total.

Todo instrumento de recolección de datos fueron validados por juicio de expertos, docentes de la universidad, donde evaluó la definición conceptual de la variable independiente y dependiente al igual que su dimensión, junto con el cuadro de operacionalización y los instrumentos que se aplicaron, pero con excepción al cuestionario se realizó una confiabilidad del instrumento aplicando el alfa de Cronbach para una mejor fiabilidad en la obtención de datos (ver en anexo 19).

### **3.5. Procedimiento**

Se programó una reunión con el gerente general de la empresa, la cual permitió la visita a todas las instalaciones de la entidad con la información de las respectivas actividades del proceso, además brindó todas las facilidades que se necesitaron para el desarrollo del estudio.

Se recolectó la información aplicando un cuestionario a los operarios, se elaboró un diagrama de análisis de proceso y de Pareto, estos permitieron detectar y analizar los principales problemas de la empresa, luego se midieron los indicadores de productividad utilizando las fichas de registro.

Se aplicó la metodología six sigma a través de las cinco etapas, en definir se utilizó un marco de proyecto donde se resumió el procedimiento del trabajo a realizar, en medir se hizo un estudio R&R, se midió el índice Cp y el DPMO, en

la etapa analizar a través de una espina de pescado se determinó las causas que origina a una baja productividad esto se presentó en un diagrama de un Pareto, en mejorar se implantó las soluciones al problema más sobresaliente a través de un diseño de experimentos factorial con la que sirvió para realizar una optimización del proceso, se realizó un programa de capacitación al personal con su respectiva asistencia de capacitación, en la etapa de control se controló que se ejecuten correctamente las actividades del diagrama de análisis de proceso mejorado y se monitoreó el proceso a través de la carta de control. Por último se midió los indicadores de productividad mano de obra, materia prima y la productividad total, esto ayudó a determinar el efecto producido de la metodología, además se realizó una comparación de la productividad antes y después.

### **3.6. Método de análisis de datos**

La investigación estuvo conformada por variables cuantitativas, por ese motivo se desarrolló un análisis descriptivo, donde ayudó analizar la información obtenida de las tablas y gráficos, esto permitió conocer el comportamiento de las variables, así mismo también se usó la estadística inferencial porque se evaluó la prueba de hipótesis, luego de haber obtenido los datos recolectados antes y después de la mejora, se usó el estudio de Shapiro Wilk debido a la muestra es limitada (menor que 30) lo que corresponde a t student porque los dos datos presentaron una distribución normal, el análisis se realizó con ayuda del programa SPSS.

### **3.7. Aspectos éticos**

El estudio que se desarrolló contiene información estrictamente de la empresa Caleb LTDA, se obtuvo un permiso y aprobación por parte de la gerencia general con el fin de poder recolectar una información real y auténtica, se desarrolló la investigación con veracidad y ética profesional en cuanto a la información dada por la empresa, por lo tanto esto no debe ser cambiada ni adulterada sino guardada con confidencialidad la información. Así mismo la investigación respeto las normas dadas por la Universidad César Vallejo como el conocimiento teórico que se obtuvo de los fragmentos de los libros y otros documentos disponibles las cuales se citó según el autor que le corresponde.

## IV. RESULTADOS

### Analizar la situación actual de la empresa Caleb LTDA.

Caleb es una entidad enfocada a la producción y exportación de bananos orgánicos, ubicada en San José de moro distrito de Pacanga, se realizó un diagrama de análisis de proceso para conocer mejor el procedimiento de trabajo que se realiza.












| DAP                                     | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO  |   |  |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diagrama N° 1                           | Resumen   |   |   |   |   |   |   |
| Objetivo: Analizar las actividades      | Actividades   | Actual  | Propuesta   |   |   |   |   |
| Proceso: Producción del banano orgánico | Operación        | 15  |   |   |   |   |   |
| Método: Actual                          | Transporte       | 1   |   |   |   |   |   |
| Actividad: Todo el proceso              | Espera           | 1   |   |   |   |   |   |
|   | Inspección       |   |   |   |   |   |   |
| Elaborado por: Fernando Quispe Riojas   | Almacenamiento  |   |   |   |   |   |   |
|   | Total   | 17  |   |   |   |   |   |
| Descripción                             | Tiempo (min)  | Símbolos  |   |   |   |   | observaciones                             |
|   |   |  |  |  |  |  |   |
| Enfunde de racimos                      | 3   | X   |   |   |   |   | Racimos en planta no son fundados         |
| Cosecha del racimo                      | 2   | X   |   |   |   |   |   |
| Traslado a la planta de proceso.        | 3.5   |   | X   |   |   |   | Fruta golpeada                            |
| Recepción de racimas                    | 1.5   | X   |   |   |   |   |   |
| Desflore de los racimas                 | 2.1   | X   |   |   |   |   | Flores secas ocasiona heridas a la fruta. |
| Calificación del banano                 | 1.6   | X   |   |   |   |   | Especificaciones fuera de los límites     |
| Desmane del racimo y lavado             | 2.3   | X   |   |   |   |   | Al cortar lastiman a la fruta             |
| Closteo                                 | 2.5   | X   |   |   |   |   | Fruta de descarte                         |
| Desleche del clúster                    | 0.25  |   |   | X   |   |   |   |
| Selección de clúster                    | 0.6   | X   |   |   |   |   | Falta de exigencia en control de calidad  |
| Colocado la fruta en bandeja            | 1   | X   |   |   |   |   | Equivocación al colocar                   |
| Fumigación en la corona del clúster     | 1.1   | X   |   |   |   |   |   |
| Etiquetado del clúster                  | 1.4   | X   |   |   |   |   | Desperdicio del parafilm                  |
| Armado de la caja de cartón             | 1.5   | X   |   |   |   |   | Desperdicio del cartón                    |
| Empaque y embalaje                      | 3.5   | X   |   |   |   |   | Demora al ensamblar la caja               |
| Pesado                                  | 3.3   | X   |   |   |   |   | Pesado inexacto                           |
| Codificación y estiba de la caja        | 2   | X   |   |   |   |   |   |

Figura 1. DAP del proceso del banano

De la figura anterior se observa que las actividades en el proceso de producción, no estuvieron siendo realizadas de la manera correcta, por lo que se requiere mejorarlas.

Se visitó a la empresa y se aplicó un cuestionario a todo el personal, en la cual se detectó los siguientes problemas mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. *Clasificación de los problemas de la empresa*

| Problemas  | Frecuencia | %   | % Acumulado |
|--|------------|-----|-------------|
| Incumplimiento de la producción con las especificaciones | 71         | 27% | 27%         |
| Desperdicios de la producción                            | 62         | 23% | 50%         |
| Falta de control de calidad                              | 49         | 18% | 69%         |
| Falta de capacitación al personal                        | 34         | 13% | 82%         |
| Desperdicios de los materiales                           | 22         | 8%  | 90%         |
| Inadecuada gestión de almacén                            | 16         | 6%  | 96%         |
| Inadecuado procedimiento de trabajo                      | 11         | 4%  | 100%        |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior nos damos cuenta de que los problemas que ocupan el 80% es el incumplimiento de la producción con las especificaciones, desperdicios de la producción y falta de control de calidad, todos estos problemas mencionados se representaron su priorización a través de un diagrama de Pareto, en la que se observa en la siguiente figura.

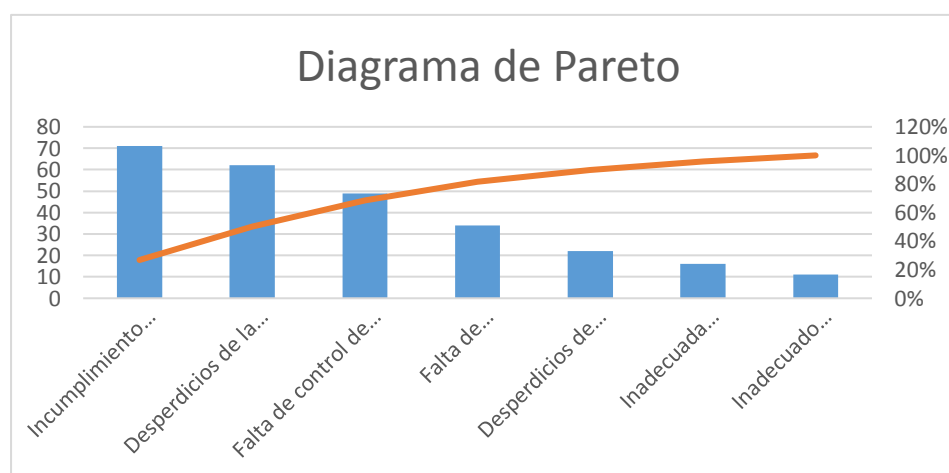


Figura 2. Diagrama Pareto de los problemas de la empresa

Fuente: Elaboración propia.

## Cálculo de los indicadores de productividad antes de la mejora.

La productividad de mano de obra y materia prima se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 2. *Productividad de mano de obra y materia prima antes de la metodología six sigma*

| Mes      | Semana | Número de operarios | Jornada laboral (h-h) | Materia prima en (en S/.) | Producción (cajas) | Productividad ad mano de obra (cajas/h-h) | Productividad de materia prima (cajas/kg) |
|----------|--------|---------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|---|---|
| Febrero  | 1      | 60                  | 2400                  | 2787.85                   | 1970               | 0.82                                      | 0.71                                      |
|          | 2      | 60                  | 2400                  | 2815.43                   | 1981               | 0.83                                      | 0.70                                      |
|          | 3      | 60                  | 2400                  | 2848.44                   | 1990               | 0.83                                      | 0.70                                      |
|          | 4      | 60                  | 2400                  | 2836.24                   | 1987               | 0.83                                      | 0.70                                      |
| Marzo    | 1      | 60                  | 2400                  | 2657.78                   | 1939               | 0.81                                      | 0.73                                      |
|          | 2      | 61                  | 2440                  | 2638.85                   | 1930               | 0.79                                      | 0.73                                      |
|          | 3      | 60                  | 2400                  | 2611.80                   | 1920               | 0.80                                      | 0.74                                      |
|          | 4      | 59                  | 2360                  | 2602.97                   | 1918               | 0.81                                      | 0.74                                      |
| Abril    | 1      | 61                  | 2440                  | 2825.46                   | 1983               | 0.81                                      | 0.70                                      |
|          | 2      | 60                  | 2400                  | 2756.40                   | 1960               | 0.82                                      | 0.71                                      |
|          | 3      | 60                  | 2400                  | 2676.60                   | 1940               | 0.81                                      | 0.72                                      |
|          | 4      | 59                  | 2360                  | 2669.18                   | 1942               | 0.82                                      | 0.73                                      |
| Mayo     | 1      | 60                  | 2400                  | 2709.41                   | 1945               | 0.81                                      | 0.72                                      |
|          | 2      | 60                  | 2400                  | 2719.42                   | 1946               | 0.81                                      | 0.72                                      |
|          | 3      | 60                  | 2400                  | 2723.36                   | 1948               | 0.81                                      | 0.72                                      |
|          | 4      | 59                  | 2360                  | 2659.36                   | 1939               | 0.82                                      | 0.73                                      |
| Promedio |        |                     | 2397.50               | 2721.16                   | 1952.38            | 0.81                                      | 0.72                                      |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos deducir que por cada hora hombre empleada en el proceso de producción de la empresa Caleb se produce en promedio 0.81 cajas de banano semanal.

Así mismo podemos deducir que por cada kilogramo de materia prima empleada se obtuvo 0.72 cajas de banano en promedio semanal.

En cuanto al indicador de la productividad total, se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. *Productividad total*

| Mes      | Semana | Producción<br>(en S/.) | Mano de<br>obra (en<br>S/.) | Materia prima<br>(en S/.) | Productividad<br>total (en S/.) |
|----------|--------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Febrero  | 1      | 60060.97               | 12000.00                    | 30199.30                  | 1.42                            |
|          | 2      | 60396.33               | 12000.00                    | 30302.35                  | 1.43                            |
|          | 3      | 60670.72               | 12000.00                    | 30605.69                  | 1.42                            |
|          | 4      | 60579.26               | 12000.00                    | 30397.03                  | 1.43                            |
| Marzo    | 1      | 59115.84               | 12000.00                    | 29703.80                  | 1.42                            |
|          | 2      | 58841.45               | 12200.00                    | 29616.86                  | 1.41                            |
|          | 3      | 58536.58               | 12000.00                    | 29459.50                  | 1.41                            |
|          | 4      | 58475.60               | 11800.00                    | 29424.14                  | 1.42                            |
| Abril    | 1      | 60457.31               | 12200.00                    | 30498.68                  | 1.42                            |
|          | 2      | 59756.09               | 12000.00                    | 30011.42                  | 1.42                            |
|          | 3      | 59146.33               | 12000.00                    | 29751.72                  | 1.42                            |
|          | 4      | 59207.31               | 11800.00                    | 29733.65                  | 1.43                            |
| Mayo     | 1      | 59298.77               | 12000.00                    | 29817.09                  | 1.42                            |
|          | 2      | 59329.26               | 12000.00                    | 29853.98                  | 1.42                            |
|          | 3      | 59390.23               | 12000.00                    | 29876.40                  | 1.42                            |
|          | 4      | 59115.84               | 11800.00                    | 29690.04                  | 1.42                            |
| Promedio |        | 59523.62               | 11987.50                    | 29933.85                  | 1.42                            |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 3 podemos afirmar que por cada sol invertido en materia prima y mano de obra se obtuvo 0.42 soles de utilidad en promedio semanal.



## Aplicación de la metodología six sigma.

### Etapa definir:

A través de un marco de proyecto, se resumió todo lo que se tenía que trabajar incluyendo los resultados esperados, esto se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4. Marco del proyecto seis sigma

| Marco del proyecto seis sigma              |   |                |            |
|--|---|----------------|------------|
| Propósito:                                 | Mejorar la productividad de la empresa Caleb  |                |            |
| Necesidades de la empresa a ser atendidas: | Se ve la necesidad de eliminar los errores durante el proceso de producción, disminuir la variabilidad en el banano, los defectos físicos presentados en el producto y también mejorar la calidad del producto y el procedimiento de trabajo, ya que existe producción que no está siendo apta para la exportación, esto se ve reflejado en una baja productividad. |                |            |
| Declaración del problema:                  | El 40% de la producción no cumple con las especificaciones del cliente, por lo que esto genera gran cantidad de desperdicios de la producción, así mismo los recursos no están siendo utilizados de la mejor manera.  |                |            |
| Objetivo:                                  | Aumentar la productividad en 20% como mínimo así mismo también mejorar el nivel de calidad sigma, eliminando los errores en el proceso.   |                |            |
| Alcance:                                   | Se encargará de abordar los problemas presentados en el proceso de producción desde el enfunde del racimo en planta hasta el producto terminado para exportar y todo lo que influyen en la especificación del cliente.  |                |            |
| Equipo de trabajo:                         | Participantes   | Rol del equipo | Dedicación |
|  | Jefe de producción  | Champion       | 20%        |
|  | Jefe de calidad   | Green Belt     | 15%        |
|  | Jefe de cuadrilla   | Colaborador    | 15%        |
|  | Supervisor de empaquetadora   | Colaborador    | 15%        |
|  | Inspector interno   | Green Belt     | 20%        |
|  | Fernando Quispe   | Yellow Belt    | 20%        |
| Métricas:                                  | Variación en la calibración, PPM, DPMO y nivel sigma.   |                |            |
| Fecha de inicio del proyecto:              | 1 de junio  |                |            |
| Fecha planeada para finalizar el proyecto: | 20 de noviembre   |                |            |
| Entrega del proyecto:                      | 23 de noviembre   |                |            |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se determinó la meta que se pretendió llegar con el trabajo, se describió el problema que estuvo afectando a la empresa y también todo el equipo que participó.

**Voz del cliente:**

En la tabla 5 se definió los requerimientos del cliente, lo que permitió realizar las características de trabajo.

Tabla 5. *Requerimientos del cliente*

| Características     | Objetivo   | Especificaciones |
|---------------------|--|------------------|
| Calibración         | 43 mm  | 39-46 mm         |
| Clúster             | 5 dedos  | 4-7 dedos        |
| Longitud            | 7.7 pulg   | 7.5-8 pulg       |
| Peso                | 19.85 kg   | 19.70-20 kg      |
| Etiquetas           | >2 etiquetas por clúster.                                    |                  |
| Sanidad de la fruta | No tener malformaciones de los dedos, rayas, manchas negras. |                  |
| Limpieza            | No contener insectos, hongos y pedúnculos.                   |                  |
| Crema de la fruta   | Blanco y consistente.  |                  |

Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que una de las especificaciones más importantes que espera el cliente es tener una calibración del banano en un rango entre 39-46 milímetros.

## Etapa de Medir:

A continuación se presenta un diagrama del proceso detallado.

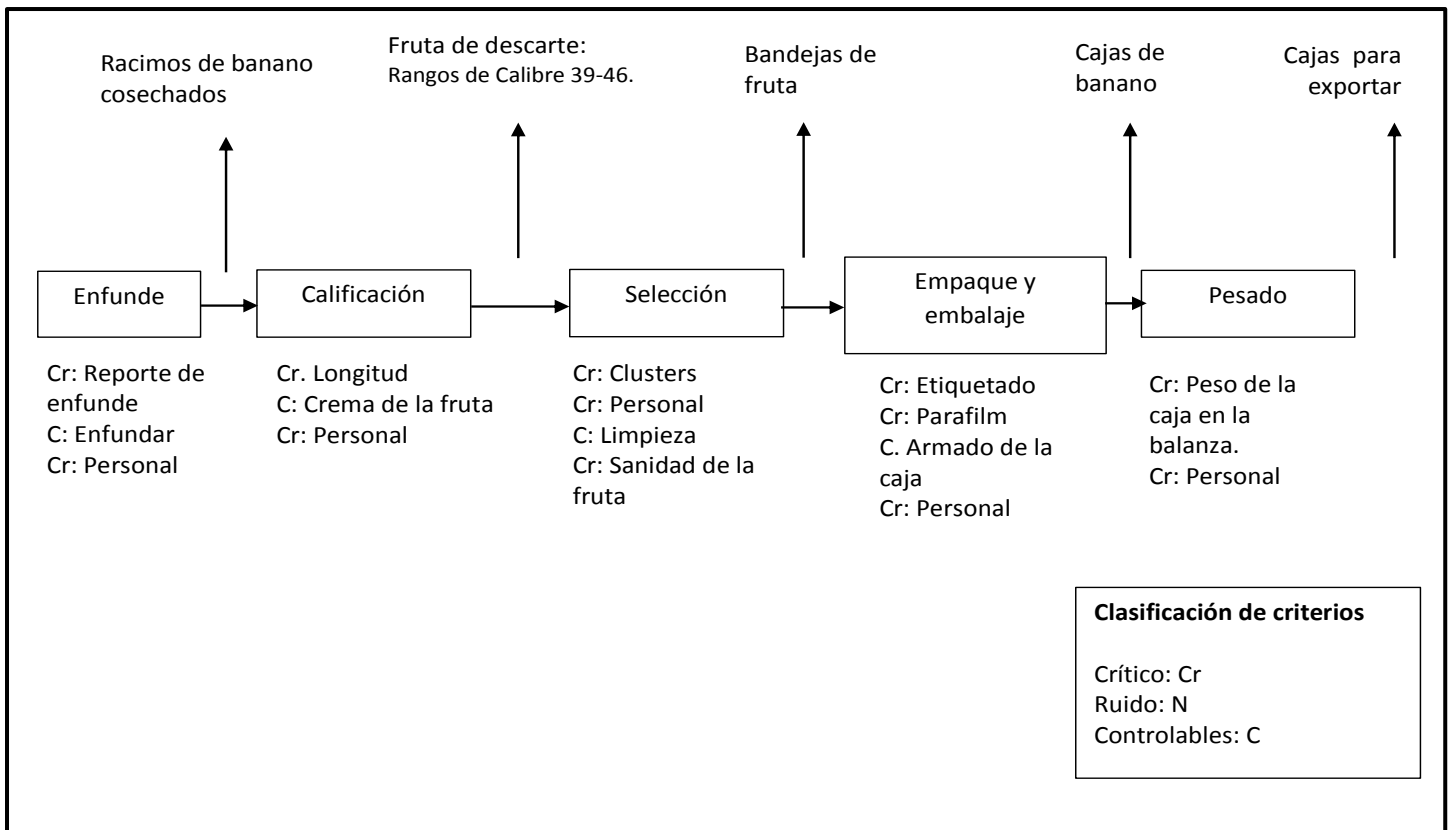


Figura 3. Diagrama de proceso detallado

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de tener una medición confiable, se realizó una validación del sistema de medición para la métrica involucrada, por esa razón se hizo un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para la variable calibración del banano, para realizar este estudio se seleccionó 15 cajas de banano, con 3 inspectores que mayormente hacen la inspección, cada uno realizó 2 ensayos de las medidas, los resultados obtenidos se evidencian en la figura 4.

### Componentes de la varianza

| Fuente           | CompVar | %Contribución (de CompVar) |
|------------------|---------|----------------------------|
| Gage R&R total   | 1.3570  | 6.53                       |
| Repetibilidad    | 1.1226  | 5.40                       |
| Reproducibilidad | 0.2344  | 1.13                       |
| Parte a parte    | 19.4394 | 93.47                      |
| Variación total  | 20.7964 | 100.00                     |

### Evaluación del sistema de medición

| Fuente           | Desv.Est. (DE) | Var. estudio (6 × DE) | %Var. estudio (%VE) |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Gage R&R total   | 1.16492        | 6.9895                | 25.54               |
| Repetibilidad    | 1.05953        | 6.3572                | 23.23               |
| Reproducibilidad | 0.48418        | 2.9051                | 10.62               |
| Parte a parte    | 4.40901        | 26.4541               | 96.68               |
| Variación total  | 4.56031        | 27.3618               | 100.00              |

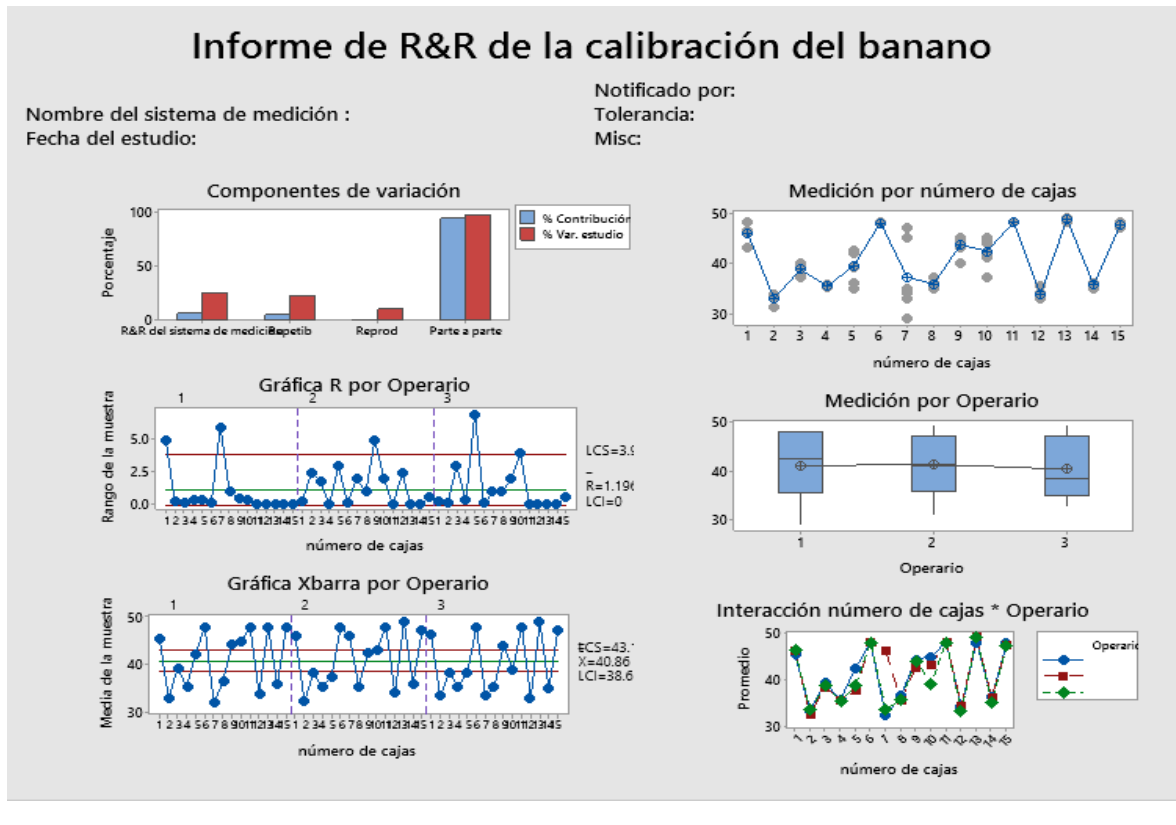


Figura 4. Estudio R&R  
Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se determinó que el porcentaje de la variabilidad del estudio total es de 25.54%, la cual es menor del 30% según los criterios ya establecidos en el estudio de R&R, esto quiere decir que la evaluación realizada se considera como una medición con un error aceptable, esto significa que hay repetibilidad y reproductibilidad del operador y del instrumento usado, además se puede evidenciar que el % de contribución de la variabilidad fue de 6.53 % que es menor al 10%, entonces se finaliza que el sistema de medición es adecuado, por lo tanto se continúa trabajando.

## Estudio de estabilidad.

Luego de haber asegurado la calidad de las mediciones, a partir de los datos de la calibración del banano, se estableció la línea base del proceso, se tuvo como tamaño de subgrupo igual a cuatro, hasta enterar 30 subgrupos durante un tiempo adecuado para ver el comportamiento de la variación de largo plazo del proceso, además los datos obtenidos siguen una distribución normal, el estudio de la estabilidad se muestra en la siguiente gráfica de control en la figura 5.

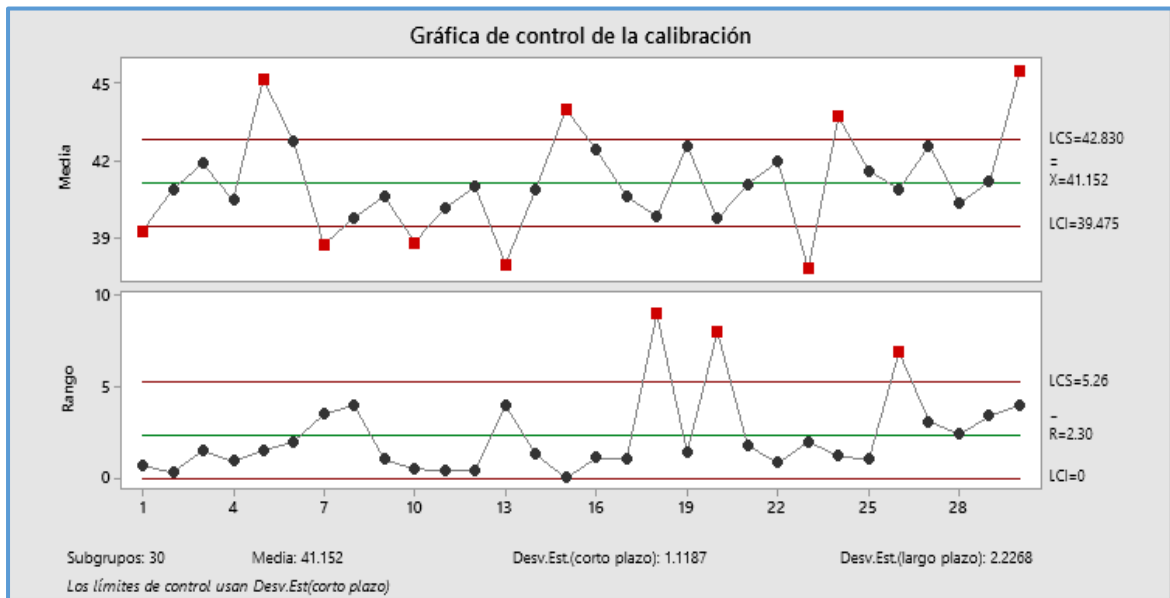


Figura 5. Estudio de estabilidad

Fuente: Software Minitab 19

Se evidencia a través de la gráfica de control, que el proceso es demasiado inestable en cuanto a la tendencia central, así mismo también de los 30 valores graficados 9 estuvieron fuera de los límites de control lo que quiere decir que existe una inestabilidad del 30%.

## Estudio de capacidad.

Los resultados obtenidos de la capacidad del proceso se observa en la figura 6 donde la especificación estricta para la variable calibración en cuanto a su diámetro son EI=39 mm y ES=46 mm, además en el histograma se puede apreciar que los datos de la calibración en su mayoría estuvieron enfocados en la especificación inferior y que algunos estuvieron por encima de la especificación superior, es por esa razón que la producción no lograba cumplir con las especificaciones del cliente.

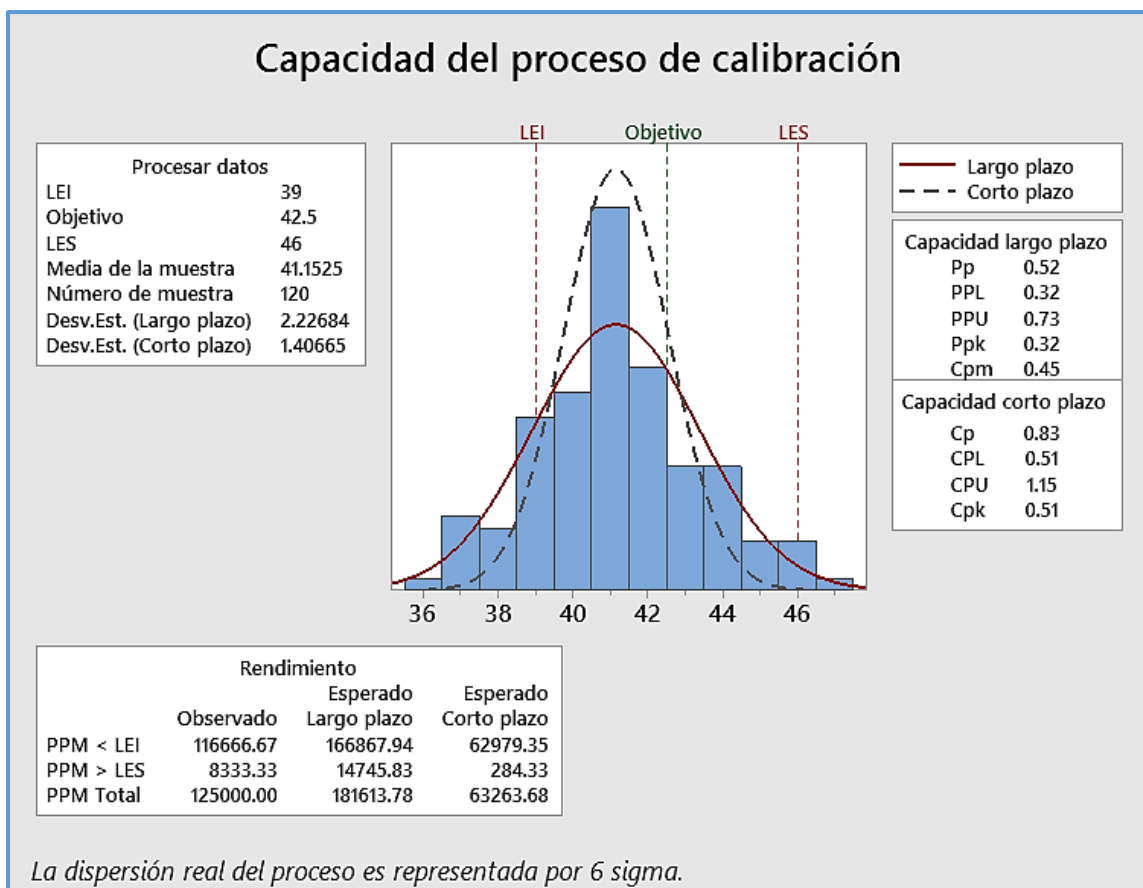


Figura 6. Histograma de la capacidad del proceso.

Fuente: Software Minitab 19

Se puede evidenciar que el valor medio del proceso es de 41.15 mm, con una desviación estándar a corto plazo de 1.4, además se encontró que el valor de la capacidad del proceso fue de 0.83 lo que significa que es menor de 1, esto quiere decir que el proceso no estuvo centrado resultando ser inadecuado para el trabajo, por lo tanto se tuvo que realizar modificaciones urgentes.

### Defectos por un millón de oportunidades:

Se calculó el DPMO en una cantidad de 440 cajas de banano, las cuales fueron revisadas y se encontraron 192 defectos, las oportunidades que tiene el producto equivalen a 8, el resultado se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. *DPMO*

| DPMO                        |          |
|-----------------------------|----------|
| Cantidad de defectos (D)    | 192      |
| Unidades inspeccionadas (U) | 440      |
| Oportunidades (O)           | 8        |
| Valor de DPMO=              | 54545.45 |

Fuente: Elaboración propia.

Se deduce que por un millón de cajas producidas, se estuvieron produciendo 54545.45 con algún tipo de defecto, esto estaba afectando definitivamente a la calidad del producto, ya que está muy alejado de alcanzar con el objetivo de los 3.4 DPMO.

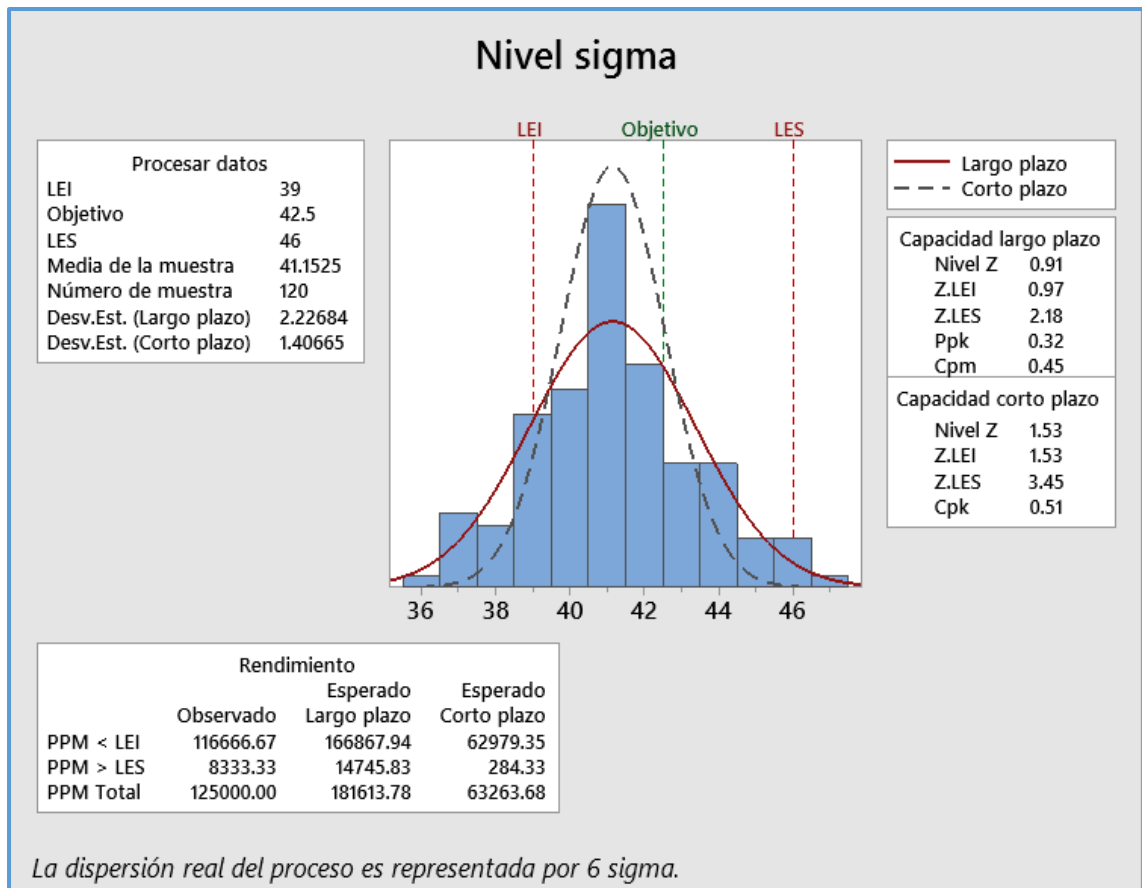


Figura 7. Nivel sigma

Fuente: Software Minitab 19

Podemos deducir que el nivel sigma es de 1.53, obteniendo una gran cantidad de defectos expresados en 63,263.68 partes por millón de cajas que no pueden ser exportadas debido al incumplimiento con las especificaciones.



## Etapa de analizar:

Con la información del diagrama de procesos detallado, el diagrama de análisis de procesos y con las visitas realizadas al interior de la entidad, se creó el diagrama de Ishikawa, donde se detectó las siguientes causas que provocan una baja productividad.

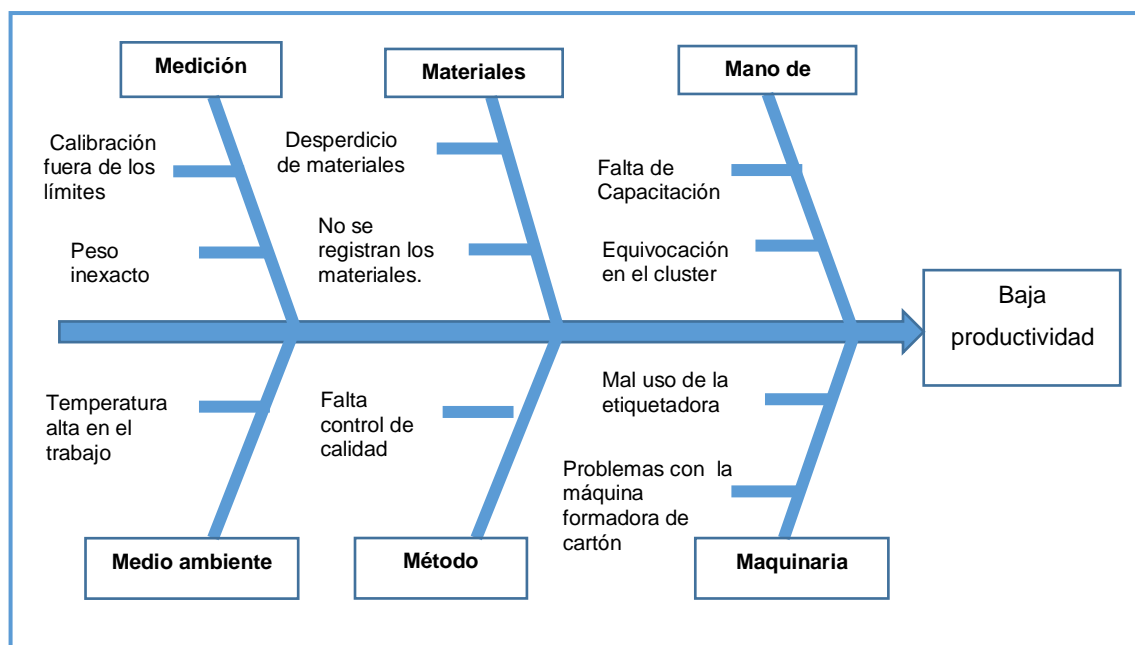


Figura 8. Diagrama de Ishikawa

A partir de la figura 8 se consideró las Xs potenciales, que a través de la hoja de verificación, se registró la frecuencia que impacta en la productividad.

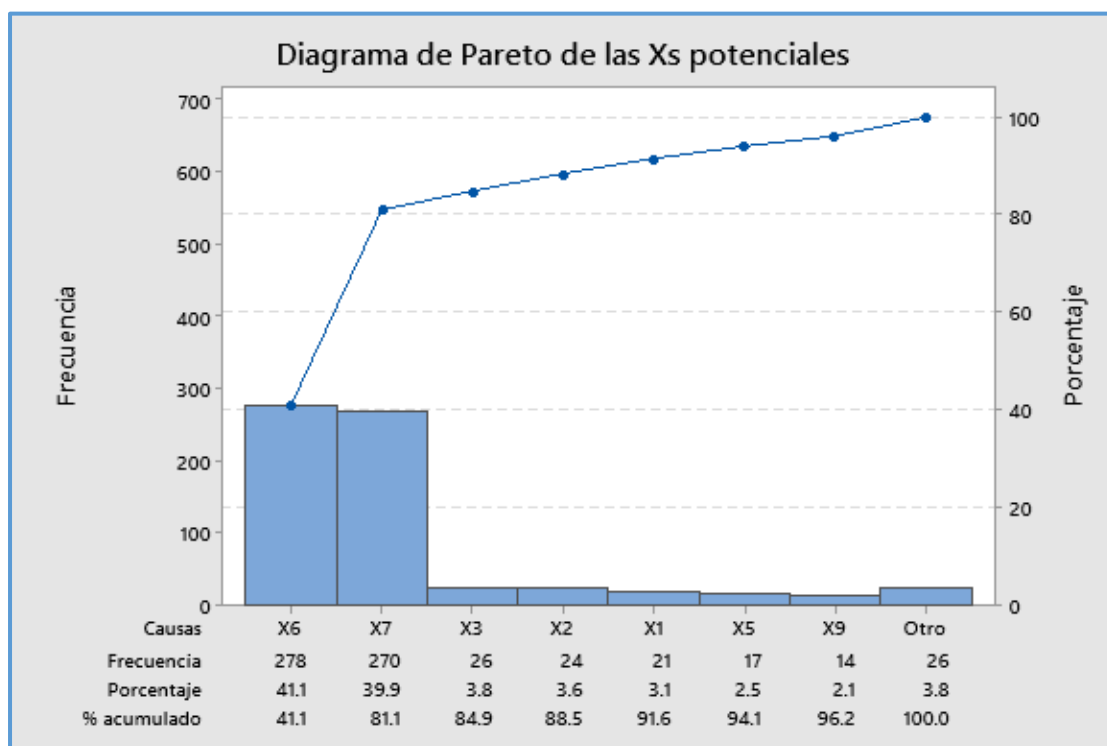
Tabla 7. Causas potenciales

| Xs Potenciales                                   | Frecuencia |
|--|------------|
| X6: Calibración fuera de los límites             | 278        |
| X7: Peso inexacto                                | 270        |
| X3: Desperdicio de materiales                    | 26         |
| X2: Equivocación en el cluster                   | 24         |
| X1: Falta de capacitación                        | 21         |
| X5: No se registran los materiales.              | 17         |
| X9: Problemas con la máquina formadora de cartón | 14         |
| X8: Mal uso de la etiquetadora                   | 10         |
| X10: Falta control de calidad                    | 10         |
| X11: Temperatura alta en el trabajo              | 6          |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se puede observar que la causa potencial X6 tiene el mayor puntaje.

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



*Figura 9.* Diagrama de Pareto de las X potenciales

Fuente: Software Minitab 19

Se evidencia que de las X potenciales que ocupan el 80% es la X6-calibración fuera de los límites, ya que por no cumplir con las especificaciones del cliente ha generado desperdicios en la producción y reclamos perjudicando de manera económica a la empresa.

Se realizó una correlación de Pearson entre la variable calibración y la productividad para conocer su relación entre estas dos variables.

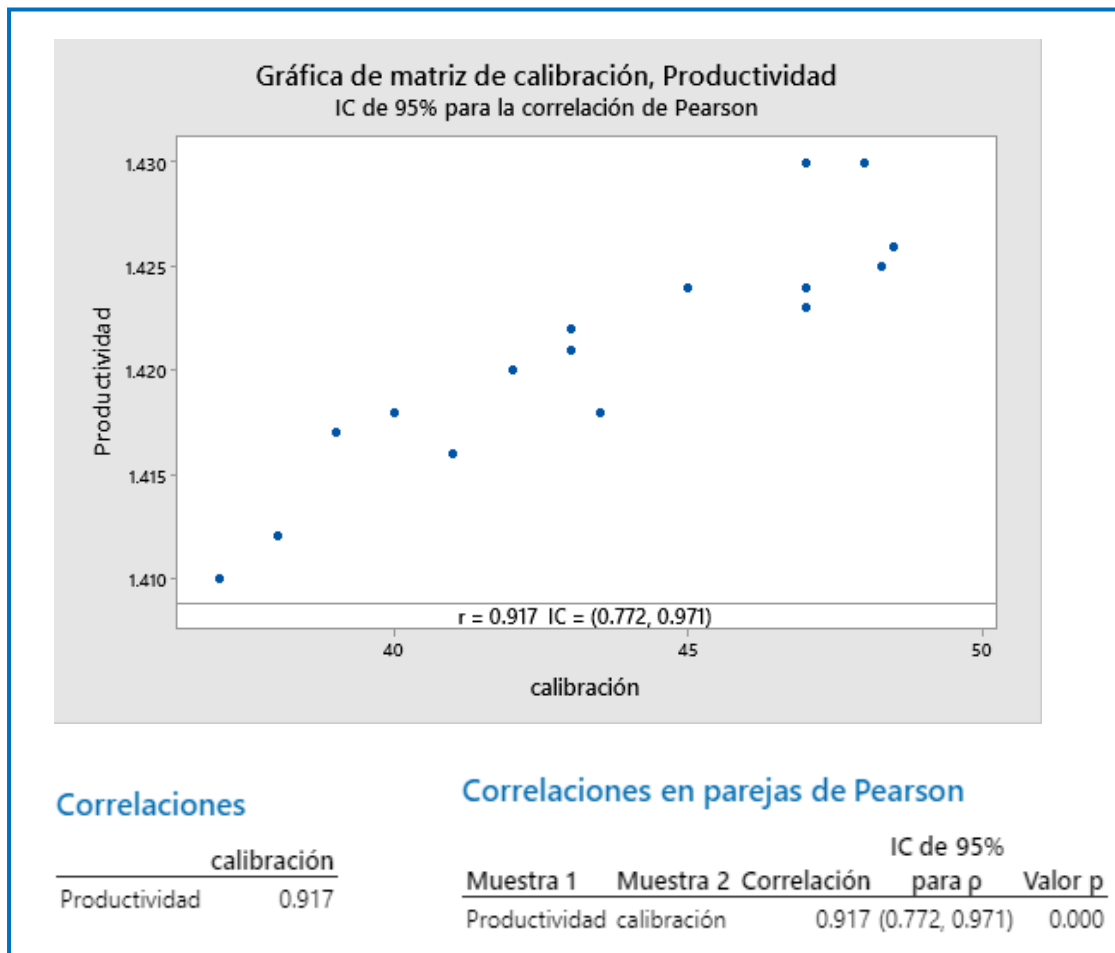


Figura 10. Correlación de Pearson entre la calibración y productividad  
Fuente: Software Minitab 19

Podemos determinar que sí existe una correlación entre las variables calibración y productividad en un 91.7 %, lo que significa que su correlación es muy alta.

En la figura 11 se muestra la regresión lineal simple.

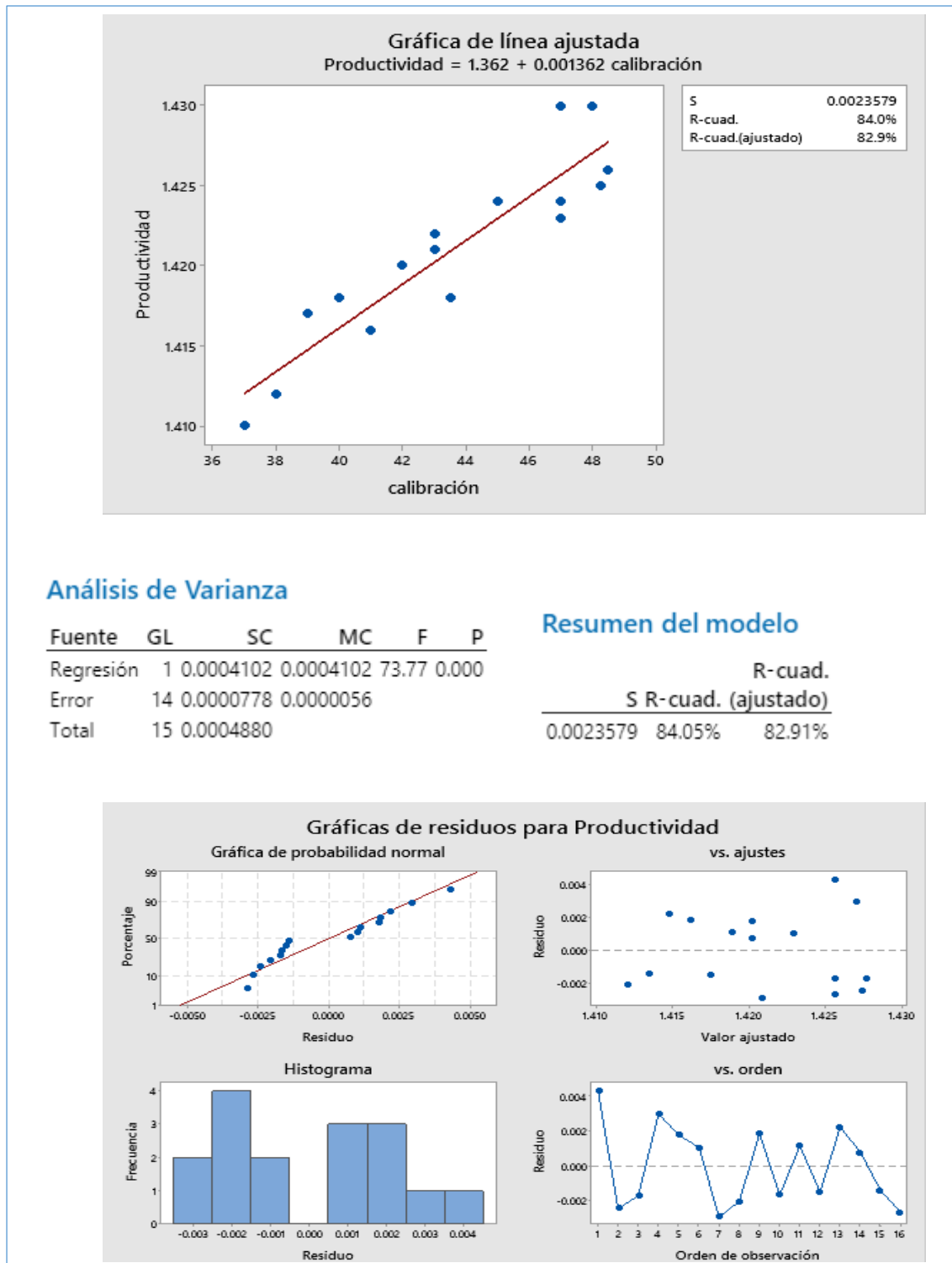


Figura 11. Regresión lineal simple  
 Fuente: Software Minitab 19

De la figura anterior se evidencia que el factor calibración explica en un 84.05 % las variaciones de la productividad en la empresa, mediante el modelo:  $\text{productividad} = 1.362 + 0.001362 \text{ calibración}$ .

Es por esa razón que se realizó un diagnóstico de las causas que provocan una calibración fuera de los límites a través de un diagrama de Ishikawa.

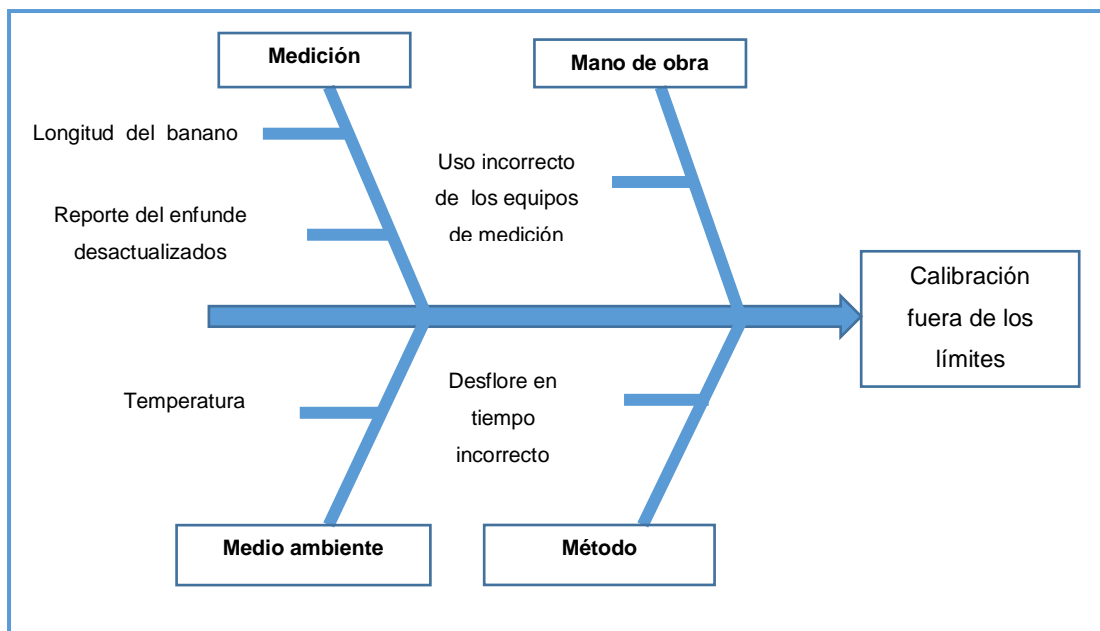


Figura 12. Diagrama de Ishikawa en la calibración fuera de los límites  
Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior el factor uso incorrecto de los equipos de medición, se analizó de manera independiente, debido a que es una actividad que realizan los operarios ya en un producto obtenido, y la razón por lo que sucedió fue debido a la falta de capacitación para manipular los equipos de medición y además en el estudio de R&R demostró que no es una causa muy importante debido a que los resultados de la evaluación cumplían con los parámetros establecidos.

Para los demás factores se realizó una regresión múltiple, pero en cuanto al factor temperatura fue removida del modelo, debido a que existe una correlación demasiado baja con la variable calibración donde se puede ver en la tabla 8, por lo que se decidió analizar de manera independientemente, y se determinó que la empresa viene manejando este factor con los abonos orgánicos que utiliza para su producción, es por esa razón que la variación de la temperatura no afecta en gran tamaño.

Tabla 8. *Correlaciones de los factores*

|                     | Calibración | Temperatura | Reporte del<br>Enfunde | Longitud |
|---------------------|-------------|-------------|------------------------|----------|
| Temperatura         | 0.015       |             |                        |          |
| Reporte del enfunde | 0.970       | 0.028       |                        |          |
| Longitud            | 0.907       | -0.013      | 0.841                  |          |
| Desflore            | 0.959       | 0.089       | 0.947                  | 0.848    |

Fuente: Software Minitab 19

En la tabla 8 se puede ver que la correlación de la variable temperatura y calibración solo tienen una relación del 1.5%.

Es por esa razón que los factores que se analizaron a través de una regresión múltiple sólo fueron, reporte del enfunde, longitud y desflore, los resultados se observan en figura 13.

## Ecuación de regresión

calibración =  $-41.6 + 7.10 \text{ Longitud} + 2.436 \text{ Reporte del enfunde} + 0.361 \text{ Desflore}$

## Análisis de Varianza

| Fuente              | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Regresión           | 3  | 208.739   | 69.5797   | 269.99  | 0.000   |
| Longitud            | 1  | 3.958     | 3.9579    | 15.36   | 0.001   |
| Reporte del enfunde | 1  | 5.412     | 5.4118    | 21.00   | 0.000   |
| Desflore            | 1  | 1.332     | 1.3317    | 5.17    | 0.034   |
| Error               | 20 | 5.154     | 0.2577    |         |         |
| Falta de ajuste     | 11 | 3.076     | 0.2796    | 1.21    | 0.393   |
| Error puro          | 9  | 2.078     | 0.2309    |         |         |
| Total               | 23 | 213.893   |           |         |         |

## Resumen del modelo

| S        | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
|----------|--------------------|----------------|
| 0.507653 | 97.59%             | 97.23%         |
|          | 96.49%             |                |

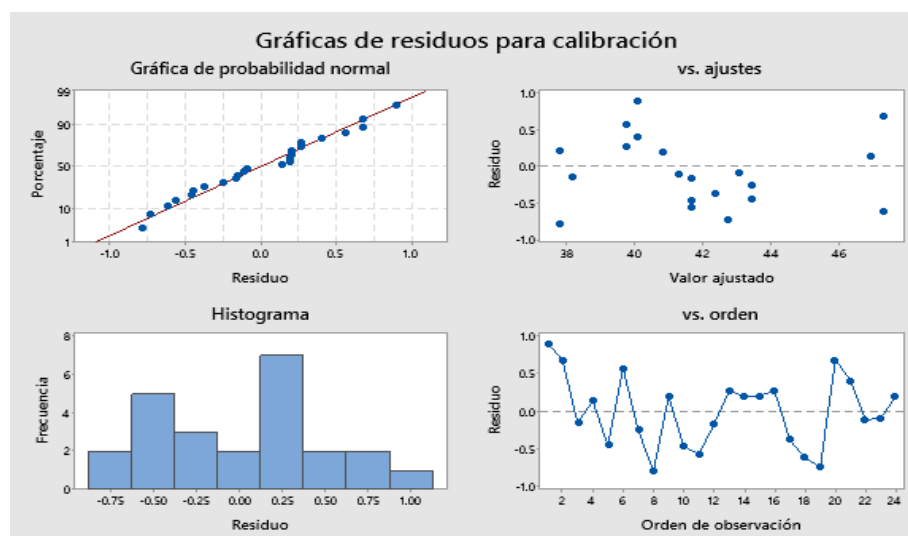
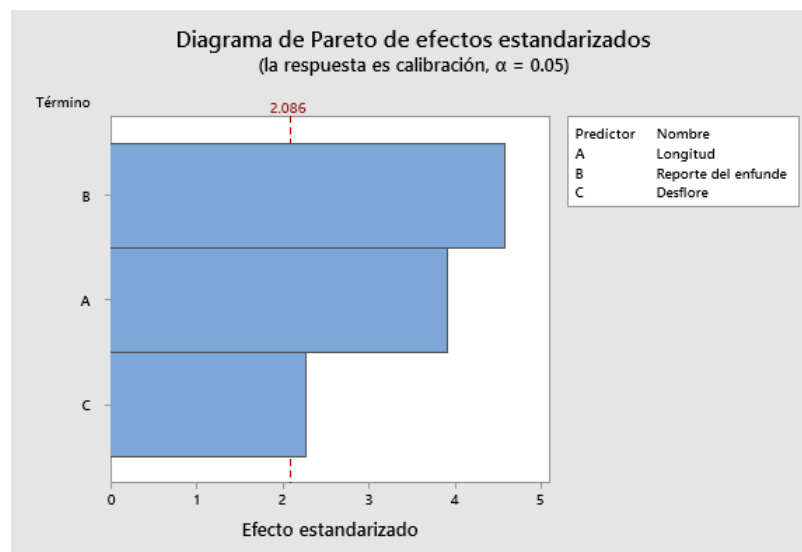


Figura 13. Regresión múltiple

Fuente: Software Minitab 19

Se deduce de la figura 13 que la longitud, el reporte de enfunde y el desflore explican en un 97.59% las variaciones de la calibración mediante el modelo de regresión:  $\text{calibración} = -41.6 + 7.10 \text{ Longitud} + 2.436 \text{ Reporte del enfunde} + 0.361 \text{ Desflore}$ .

Luego de haber realizado el análisis para encontrar las causas raíces se realizó la siguiente tabla:

Tabla 9. *Resumen de los factores*

| Causas             | Test de verificación | Resultado de test                 | Es causa raíz | Conclusión  |
|--------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------|---|
| La longitud        | Regresión            | Valor $p < 0.05$ , R-cuad= 97.59% | Si            | A mayor tamaño, mayor calibración.                      |
| Reporte de enfunde | Regresión            | Valor $p < 0.05$ , R-cuad= 97.59% | Si            | A mayor semana del racimo en planta, mayor calibración. |
| Desflore           | Regresión            | Valor $p < 0.05$ , R-cuad= 97.59% | Si            | A mayor tiempo de flor en planta, menor calibración.    |

Fuente: Elaboración propia

### Etapa de mejora:

#### Diseño factorial.

Se realizó un diseño de experimento para las variables longitud, reporte de enfunde y desflore, en la tabla 10 se puede observar los 3 niveles que cuenta cada factor.

Tabla 10. *Niveles de los factores*

| Valores de niveles de la longitud |             |                     |
|-----------------------------------|-------------|---------------------|
| Nivel                             | Descripción | Espacio de longitud |
| 1                                 | Mayor       | 7.9-8               |
| 2                                 | Regular     | 7.7-7.8             |
| 3                                 | Menor       | 7.5-7.6             |
| Valores de niveles del enfunde    |             |                     |
| Nivel                             | Descripción | Espacio de enfunde  |
| 1                                 | Mayor       | 12                  |
| 2                                 | Regular     | 11                  |
| 3                                 | Menor       | 10                  |
| Valores de niveles del desflore   |             |                     |
| Nivel                             | Descripción | Espacio de desflore |
| 1                                 | Mayor       | 10-12               |
| 2                                 | Regular     | 7-9                 |
| 3                                 | Menor       | 4-6                 |

Fuente: Elaboración propia



Se realizó el diseño factorial para los 3 factores, con dos réplicas en una cantidad de 54 corridas utilizando el programa minitab, los datos del factor longitud, enfunde y desflore para realizar el experimento se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. *Diseño factorial*

| Ord en Corrida | Bloques | Longitud | Enfunde | Desflore | Calibración | Ord en Corrida | Bloques | Longitud | Enfunde | Desflore | Calibración |
|----------------|---------|----------|---------|----------|-------------|----------------|---------|----------|---------|----------|-------------|
| 1              | 1       | 2        | 10      | 2        | 40          | 28             | 1       | 3        | 12      | 1        | 45          |
| 2              | 1       | 2        | 11      | 1        | 44          | 29             | 1       | 3        | 11      | 3        | 44          |
| 3              | 1       | 1        | 10      | 3        | 38          | 30             | 1       | 1        | 12      | 1        | 48          |
| 4              | 1       | 1        | 11      | 1        | 45          | 31             | 1       | 1        | 12      | 2        | 47          |
| 5              | 1       | 1        | 11      | 1        | 45          | 32             | 1       | 2        | 11      | 3        | 42.5        |
| 6              | 1       | 3        | 10      | 1        | 38          | 33             | 1       | 1        | 10      | 1        | 39          |
| 7              | 1       | 2        | 11      | 2        | 41.5        | 34             | 1       | 1        | 11      | 3        | 41          |
| 8              | 1       | 3        | 12      | 2        | 47          | 35             | 1       | 1        | 10      | 2        | 40          |
| 9              | 1       | 2        | 10      | 3        | 38          | 36             | 1       | 2        | 12      | 1        | 43          |
| 10             | 1       | 2        | 12      | 1        | 47          | 37             | 1       | 3        | 12      | 2        | 43          |
| 11             | 1       | 2        | 10      | 2        | 40          | 38             | 1       | 3        | 11      | 1        | 44          |
| 12             | 1       | 2        | 12      | 3        | 47          | 39             | 1       | 3        | 11      | 1        | 44          |
| 13             | 1       | 1        | 12      | 3        | 46          | 40             | 1       | 3        | 12      | 3        | 45          |
| 14             | 1       | 2        | 12      | 3        | 47          | 41             | 1       | 2        | 11      | 3        | 42.5        |
| 15             | 1       | 1        | 12      | 2        | 46          | 42             | 1       | 3        | 12      | 1        | 46          |
| 16             | 1       | 3        | 11      | 3        | 39          | 43             | 1       | 2        | 10      | 1        | 37          |
| 17             | 1       | 3        | 10      | 3        | 36          | 44             | 1       | 2        | 12      | 2        | 44          |
| 18             | 1       | 2        | 10      | 1        | 39          | 45             | 1       | 1        | 10      | 1        | 37          |
| 19             | 1       | 3        | 10      | 2        | 38          | 46             | 1       | 1        | 10      | 2        | 38          |
| 20             | 1       | 3        | 11      | 2        | 40          | 47             | 1       | 3        | 12      | 3        | 40          |
| 21             | 1       | 3        | 11      | 2        | 40          | 48             | 1       | 1        | 11      | 2        | 41          |
| 22             | 1       | 1        | 10      | 3        | 38          | 49             | 1       | 1        | 12      | 3        | 47          |
| 23             | 1       | 3        | 10      | 3        | 36          | 50             | 1       | 2        | 11      | 1        | 44          |
| 24             | 1       | 1        | 11      | 3        | 40          | 51             | 1       | 3        | 10      | 2        | 38          |
| 25             | 1       | 2        | 12      | 2        | 45          | 52             | 1       | 1        | 11      | 2        | 41          |
| 26             | 1       | 2        | 10      | 3        | 38          | 53             | 1       | 2        | 11      | 2        | 41.5        |
| 27             | 1       | 3        | 10      | 1        | 39          | 54             | 1       | 1        | 12      | 1        | 46          |

Fuente: Software Minitab 19

Se realizó dicho experimento aplicando las 54 combinaciones de los 3 valores de cada factor, los resultados fueron registrados en la columna calibración de la tabla 11.

## Análisis de los factores.

Luego del experimento se realizó un análisis de los factores, los resultados se muestran en la figura 14.

### Análisis de Varianza

| Fuente                      | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo                      | 26 | 594.815   | 22.877    | 22.88   | 0.000   |
| Lineal                      | 6  | 515.667   | 85.944    | 85.94   | 0.000   |
| Longitud                    | 2  | 25.148    | 12.574    | 12.57   | 0.000   |
| Enfunde                     | 2  | 463.370   | 231.685   | 231.69  | 0.000   |
| Desflore                    | 2  | 27.148    | 13.574    | 13.57   | 0.000   |
| Interacciones de 2 términos | 12 | 62.778    | 5.231     | 5.23    | 0.000   |
| Longitud*Enfunde            | 4  | 8.963     | 2.241     | 2.24    | 0.091   |
| Longitud*Desflore           | 4  | 22.852    | 5.713     | 5.71    | 0.002   |
| Enfunde*Desflore            | 4  | 30.963    | 7.741     | 7.74    | 0.000   |
| Interacciones de 3 términos | 8  | 16.370    | 2.046     | 2.05    | 0.079   |
| Longitud*Enfunde*Desflore   | 8  | 16.370    | 2.046     | 2.05    | 0.079   |
| Error                       | 27 | 27.000    | 1.000     |         |         |
| Total                       | 53 | 621.815   |           |         |         |

### Información del factor

| Factor   | Niveles | Valores    |
|----------|---------|------------|
| Longitud | 3       | 1, 2, 3    |
| Enfunde  | 3       | 10, 11, 12 |
| Desflore | 3       | 1, 2, 3    |

### Resumen del modelo

| S | R-cuad. | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
|---|---------|--------------------|----------------|
| 1 | 95.66%  | 91.48%             | 82.63%         |

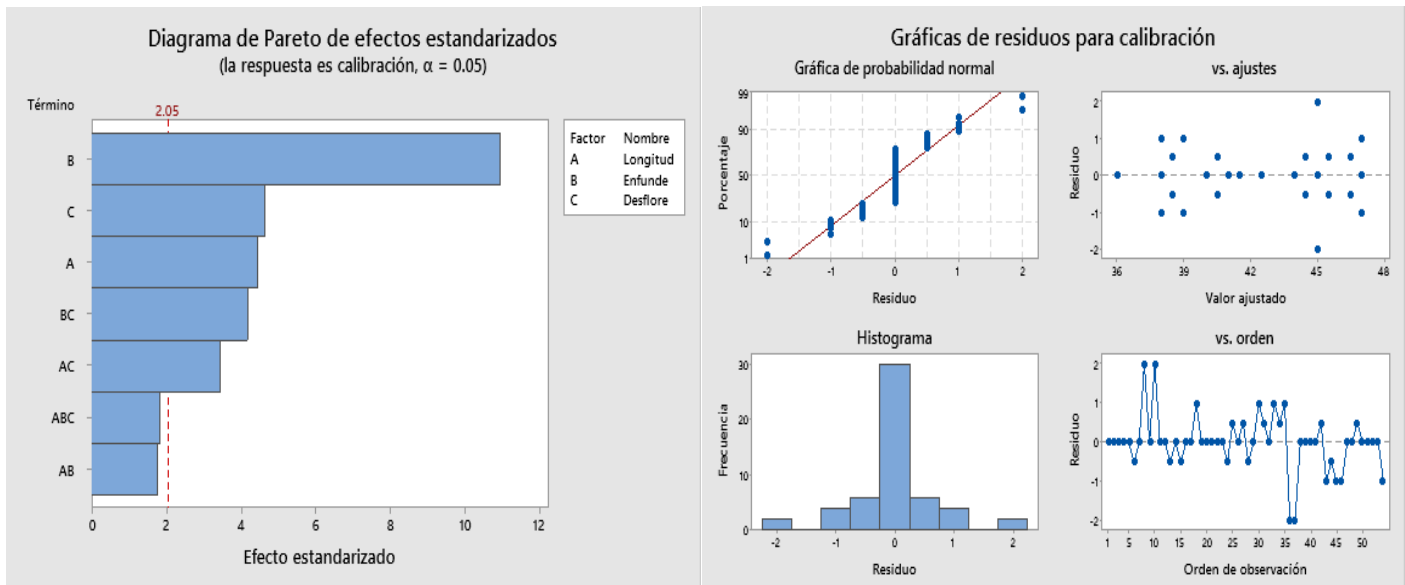


Figura 14. Análisis del diseño factorial  
Fuente: Software Minitab 19

Se puede evidenciar que los factores independientes tuvieron gran influencia en la calibración del banano con un valor del R<sup>2</sup> del 95.66%, esto nos indica que la calibración es explicado por los tres factores, longitud, enfunde y desflore.

## Optimización.

En la figura 15 muestran los parámetros de cada uno de los factores, longitud 2, enfunde 11 y desflore 3 teniendo esta combinación de niveles entre los factores se tiene una mejor calibración del banano llegando a un calibre de 42.5 mm, se puede demostrar en la siguiente figura.

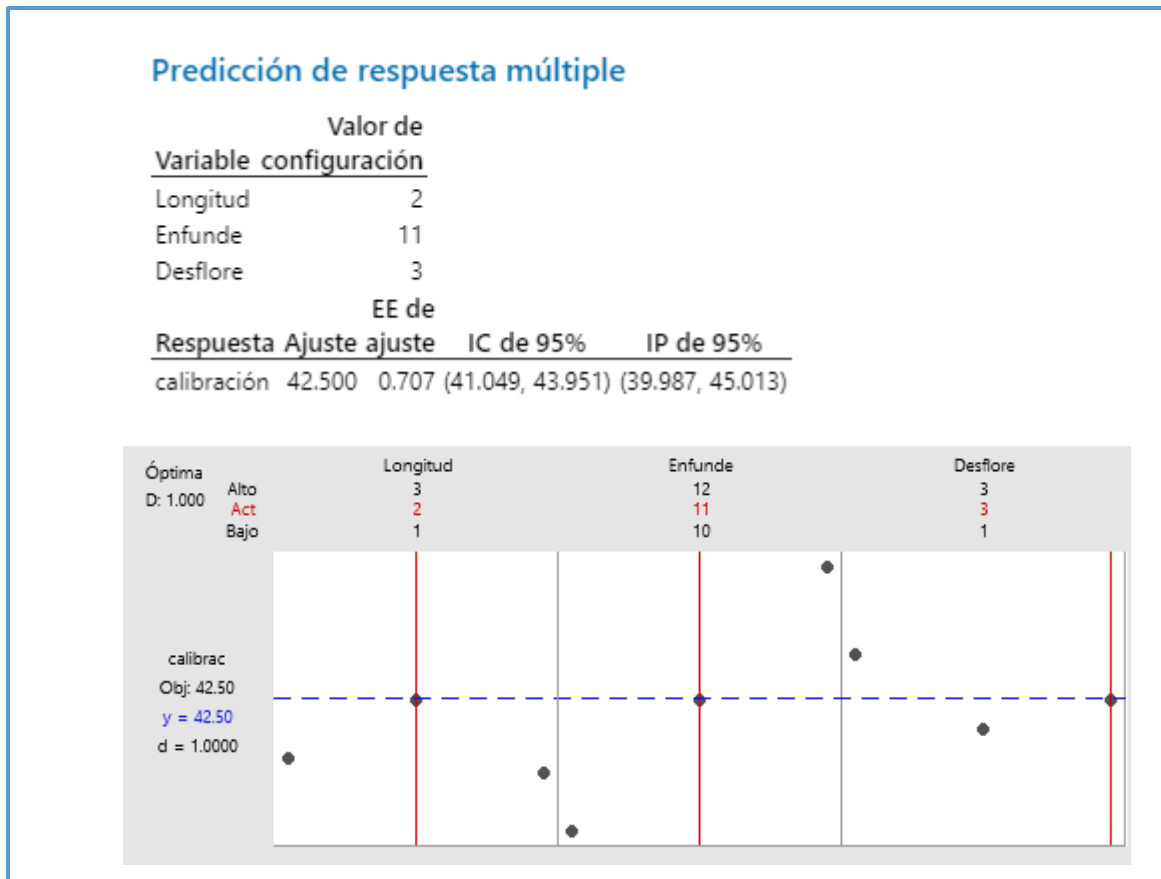


Figura 15. Optimización del proceso.

Fuente: Software Minitab 19

De la figura anterior se puede determinar que los valores para cada uno de los factores fueron: Para longitud tuvo un valor de 2 la cual quiere decir que el banano debería haber estado entre el rango de 7.7"-7.8", para que el calibre cumpla con las especificaciones del cliente. Para el factor reporte del enfunde estuvo en un valor de 11, lo que significa que todo racimo del banano en un periodo de 11 semanas debe ser cosechada, ya que en ese periodo la mayoría de la producción en cuanto al calibre estaría completamente dentro del rango de especificación y no tendría rechazo de ello, y el factor de desflore presentó un valor de 3, que significa que en

el rango entre la semana 4 al 6 se debe realizar el desflore en el banano para que el racimo no pierda energía en el crecimiento y pueda tener el calibre requerido.

Con los parámetros establecidos por la optimización, se comenzó a trabajar en el proceso de producción de banano, logrando de esta manera validar y evaluar la solución propuesta, luego de 4 semanas trabajadas con la solución propuesta, se tomaron 30 subgrupos racionales con tamaño 4, con los datos obtenidos de la medición, se realizó un nuevo análisis de capacidad de proceso, en la que podemos ver en la figura 16.

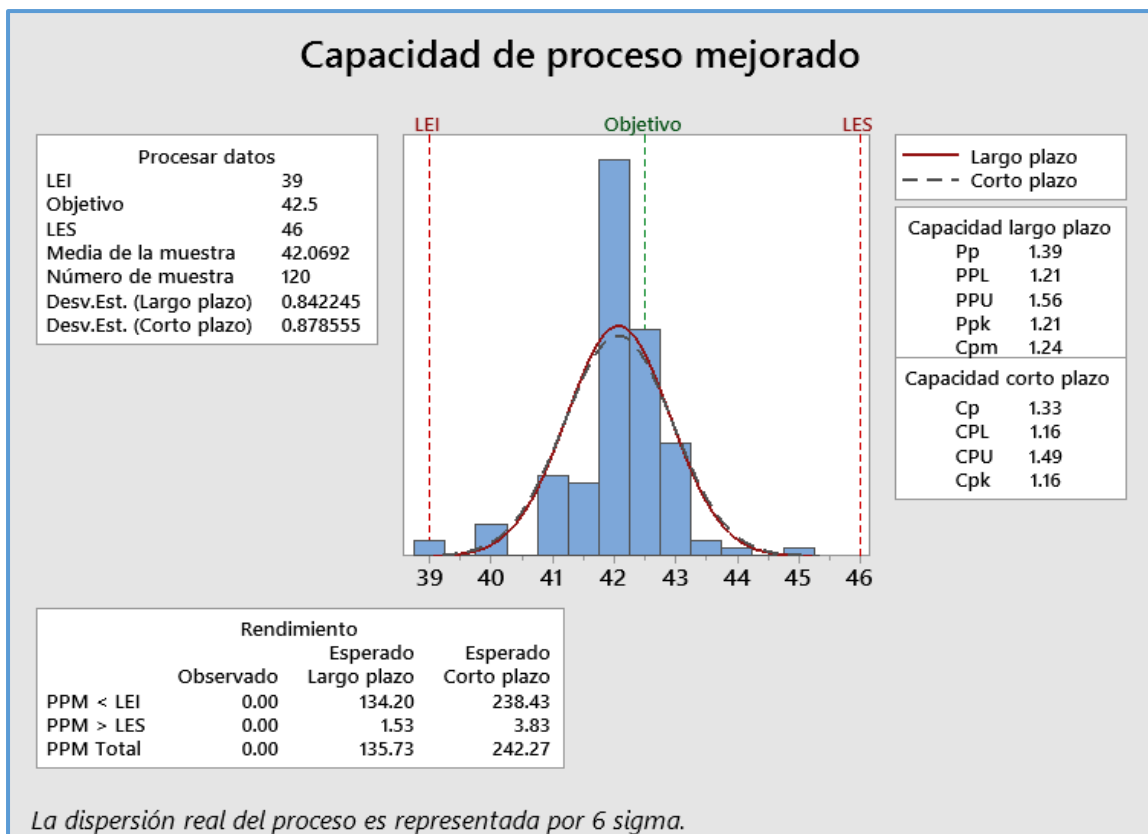


Figura 16. Capacidad del proceso mejorado.

Fuente: Software Minitab 19

De la figura anterior se puede observar que existe una distribución de los datos que la mayoría están dentro del objetivo y otros muy cercanos, esto quiere decir que los datos en su mayoría están prácticamente centrados, a diferencia de la capacidad de proceso inicial la cual estaban todos los datos acumulados a la parte izquierda del histograma, además podemos identificar que el valor Cp nuevo es de 1.33 que quiere decir que el proceso es el adecuado.

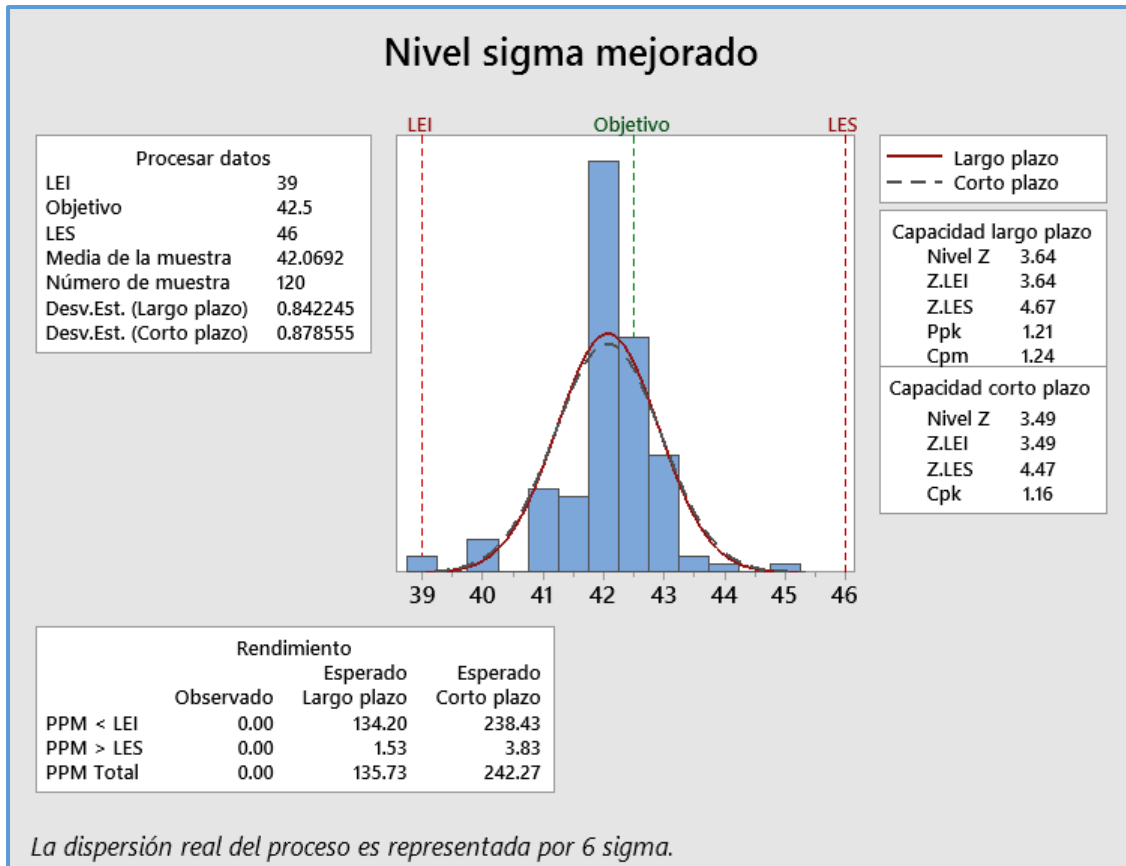


Figura 17. Nuevo valor sigma

Fuente: Software Minitab 19

El valor sigma fue de 3.49, esto significa que ha superado el valor sigma inicial debido a la mejora del proceso, además disminuyó las partes defectuosas a una cantidad de 242.27 ppm a corto plazo.

La calibración fue la causa más significativas que perjudicó a la productividad, pero finalmente se encontró la razón de la causa y se pudo dar solución y optimizar el proceso, pero también se decidió dar solución a las causas menos significativas que perjudicaban a la productividad, tal es el caso del: peso inexacto, desperdicio de materiales, equivocación en el clúster, falta de capacitación, problemas con máquina formadora de cartón, mal uso del manejo etiquetadora y falta control de calidad.

Para la solución a todas estas causas se realizó una lluvia de ideas, se tuvo como miembros participativos a todos los miembros de la organización dentro de ellos estaba el jefe de producción, control de calidad y los jefes de cuadrillas de los operarios.

Tabla 12. *Solución de las causas*

| Causa   | Razón   | Solución   |
|---|---|--|
| Peso inexacto                                 | La caja llega completamente sellada al operario para pesar y se descubre que algunas cajas están con el peso sobre elevado y a veces no llegan al peso establecido, al abrirse para regular el peso se ocasiona una aglomeración. | La caja debe llegar solamente empaquetada para el pesado y luego de tener el peso correcto está debe ser sellada.  |
| Desperdicio de materiales                     | Falta de control en el uso y confusión al contar los materiales al momento de entregar al jefe de cuadrilla, no hay un control de los materiales cuando ingresan al almacén y cuando salen.                                       | Se realizó una inspección durante el uso de los materiales y todos aquellos materiales sobrantes en el proceso fueron ingresados de nuevo al almacén y además se emplearon registros para controlar los materiales que ingresan y salen del almacén. |
| Problemas con la máquina formadora de cartón. | Al momento de ensamblar la caja de cartón, la máquina se encontraba en mal estado, teniendo la parte inferior una varilla rota, esto perjudicaba una baja presión para pegar la caja.   | Se cambió una nueva varilla a la máquina formadora de caja de cartón.  |
| Falta control de calidad                      | El jefe de control de calidad, realizaba pocas intervenciones durante el proceso de producción.   | El jefe de control de calidad realizó un cronograma para las intervenciones durante el proceso de producción.  |

Fuente: Elaboración propia.

Se modificó el diagrama de análisis de proceso de acuerdo con las soluciones planteadas anteriormente, en la cual se detalla el nuevo proceso en la siguiente figura.












| DAP                                     | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO  |   |   |  |   |   |               |
|---|---|---|---|---|---|---|---------------|
| Diagrama N° 1                           | Resumen   |   |   |   |   |   |               |
| Objetivo: Analizar las actividades      | Actividades   | Actual  | Propuesta   |   |   |   |               |
| Proceso: Producción del banano orgánico | Operación       | 15  | 16  |   |   |   |               |
| Método: Actual                          | Transporte      | 1   | 1   |   |   |   |               |
| Actividad: todo el proceso              | Espera          | 1   | 1   |   |   |   |               |
|   | Inspección      |   |   |   |   |   |               |
| Elaborado por: Fernando Quispe Riojas   | Almacenamiento  |   |   |   |   |   |               |
|   | Total   | 17  | 18  |   |   |   |               |
| Descripción                             | Tiempo (min)  | Símbolos  |   |   |   |   | observaciones |
|   |   |  |  |  |  |  |               |
| Enfunde de racimos                      | 3.2   | X   |   |   |   |   |               |
| Desflore de los racimas                 | 2.1   | X   |   |   |   |   |               |
| Cosecha del racimo                      | 3.1   | X   |   |   |   |   |               |
| Traslado a la planta de proceso.        | 1.2   |   | X   |   |   |   |               |
| Recepción de racimas                    | 1.98  | X   |   |   |   |   |               |
| Calificación del banano                 | 1.2   | X   |   |   |   |   |               |
| Desmane del racimo y lavado             | 2.4   | X   |   |   |   |   |               |
| Formado del clúster                     | 2.1   | X   |   |   |   |   |               |
| Desleche del clúster                    | 0.27  |   |   | X   |   |   |               |
| Selección de clúster                    | 0.6   | X   |   |   |   |   |               |
| Colocado la fruta en bandeja            | 1.2   | X   |   |   |   |   |               |
| Fumigación en la corona del clúster     | 1   | X   |   |   |   |   |               |
| Etiquetado del clúster                  | 1.5   | X   |   |   |   |   |               |
| Armado de la caja de cartón             | 1.6   | X   |   |   |   |   |               |
| Empaque                                 | 2.1   | X   |   |   |   |   |               |
| Pesado                                  | 2   | X   |   |   |   |   |               |
| Embalaje                                | 0.9   | X   |   |   |   |   |               |
| Codificación y estiba de la caja        | 1   | X   |   |   |   |   |               |

Figura 18. Nuevo DAP

Así mismo para evitar los golpes, rayados en el banano al momento de cosechar y transportarlo hacia la recepción de racimos se compró colchonetas y para colocar los bananos seleccionados se compró jabsas esto permitió tener una mejor selección del banano, la compra de los materiales se puede ver en la siguiente figura.



*Figura 19. Colchonetas y bandejas*



Se realizó una capacitación a todos los operarios que participan en el proceso de producción, fue dictado antes de iniciar sus labores en 3 grupos de 20 personas durante dos semanas, teniendo en cuenta el distanciamiento de 1.5 metros y tomando todas las medidas de prevención en cuanto a la pandemia, lo temas que se trataron durante los días de capacitación se detallan en la figura 20.


|     |           | EMPRESA CALEB LTDA  |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|--|-----------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|--|
|  |           | Programa para plan de capacitación del personal de la empresa |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|  |           | Cronograma ara las actividades de capacitación                |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
| Actividades  | 1° semana |   |   |   |   | 2° semana |   |   |   |   |  |
|  | 1         | 2   | 3 | 4 | 5 | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
| Definiciones generales de la calidad   | █         |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
| Control de calidad   |           | █   | █ |   |   |           |   |   |   |   |  |
| Como detectar y evitar ocasionar daños al banano                                     |           |   |   | █ |   |           |   |   |   |   |  |
| Estándares de calidad  |           |   |   |   | █ |           |   |   |   |   |  |
| Buenas prácticas agrícolas   |           |   |   |   | █ | █         |   |   |   |   |  |
| Uso eficiente de los recursos de la empresa  |           |   |   |   |   |           | █ | █ |   |   |  |
| Procedimiento correcto para el uso de los equipos, máquinas y herramienta de trabajo |           |   |   |   |   |           |   |   | █ | █ |  |

Figura 20. Diagrama de Gantt

Luego de cada tema a tratar en la capacitación, se creó una asistencia para controlar si todo el personal fue capacitado.

### Defectos por un millón de oportunidades:

Se calculó el nuevo DPMO después de aplicar las mejoras, se inspeccionó 440 cajas de banano las cuales al revisarlas solo se encontró 28 defectos y 8 fue el número de oportunidades por error, los resultados podemos observar en la tabla siguiente.

Tabla 13. *Nuevo DPMO*

| DPMO                        |         |
|-----------------------------|---------|
| Cantidad de defectos (D)    | 28      |
| Unidades inspeccionadas (U) | 440     |
| Oportunidades (O)           | 8       |
| Valor de DPMO=              | 7954.55 |

Fuente: Elaboración propia.

Podemos deducir del nuevo DPMO que por un millón de cajas producidas se están produciendo 7954.55 con algunos pequeños defectos, esto disminuyó con respecto al DPMO inicial.

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

Tabla 14. *Comparación de los valores de six sigma*

| Antes         | Después      |
|---------------|--------------|
| Cpk=0.51      | Cpk=1.16     |
| Pp=0.52       | Pp=1.39      |
| DPMO=54545.45 | DPMO=7954.55 |
| Cp= 0.83      | Cp= 1.33     |
| PPM=63263.68  | PPM= 242.27  |
| Sigmas= 1.53  | Sigmas= 3.49 |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede determinar que al aplicar la solución prevista mejoró significativamente el proceso, reduciendo la gran cantidad de bananos defectuosos y cumpliendo con las especificaciones del cliente.

## Etapa Control:

Se controló y se supervisó que todas las actividades detalladas en el nuevo diagrama de proceso (figura 18) sean ejecutadas correctamente por los operarios.

Se realizó un monitoreo del proceso a través de una gráfica de control realizada en una muestra de tamaño cuatro, se hizo tres veces al día para poder monitorear el comportamiento de las medidas, en la figura se muestra la gráfica de control de la variable calibración obtenida a partir de las mediciones en el proceso mejorado.

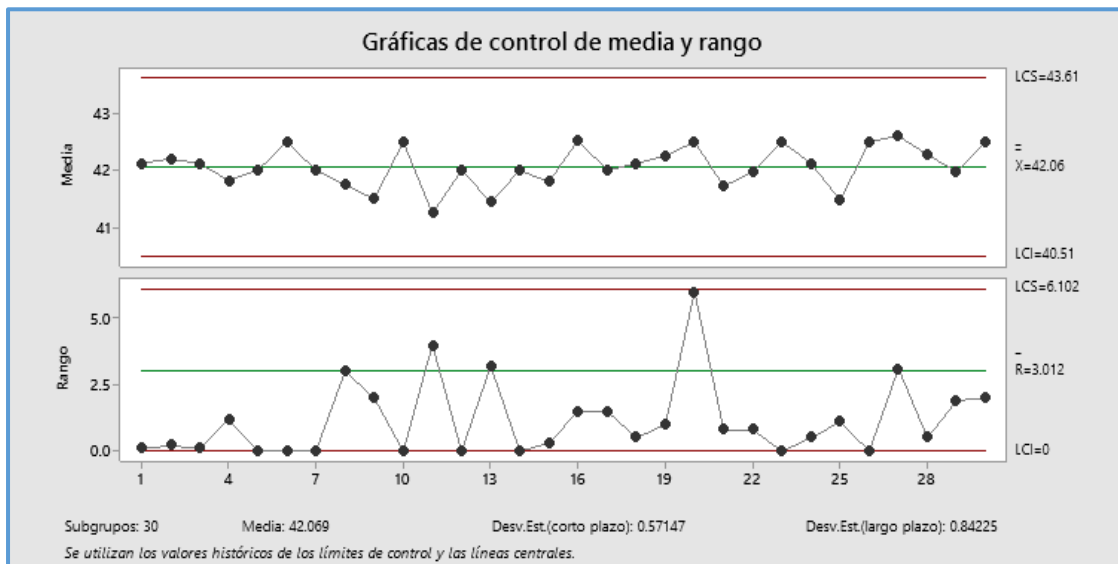


Figura 21. Control del proceso a través de la gráfica de control

Fuente: Software Minitab 19

Se puede observar que las mediciones se encuentran bajo control estadístico y después de tres meses de observar el comportamiento similar a la de la figura 21, se procedió a finalizar el proyecto y la empresa siguió aplicando las mejoras.

### Indicadores de productividad después de la aplicación de la metodología six sigma.

Luego de haber realizado la aplicación de la de la metodología six sigma, se procedió a calcular nuevamente los índices de productividad para determinar el efecto de la metodología.

El indicador de productividad mano de obra y materia prima se puede evidenciar en la Tabla 15.

Tabla 15. *Indicador de productividad mano de obra y materia prima.*

| Mes        | Semana | Número de operarios | Jornada laboral (horas-hombre) | Materia prima (en Kg) | Producción (cajas) | Productividad mano de obra (cajas/h-h) | Productividad de materia prima (cajas/kg) |
|------------|--------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|--|---|
| Agosto     | 1      | 59                  | 2360                           | 3387.89               | 2663               | 1.13                                   | 0.79                                      |
|            | 2      | 60                  | 2400                           | 3493.24               | 2739               | 1.14                                   | 0.78                                      |
|            | 3      | 60                  | 2400                           | 3480.94               | 2710               | 1.13                                   | 0.78                                      |
|            | 4      | 60                  | 2400                           | 3451.94               | 2690               | 1.12                                   | 0.78                                      |
| Septiembre | 1      | 60                  | 2400                           | 3408.23               | 2762               | 1.15                                   | 0.81                                      |
|            | 2      | 60                  | 2400                           | 3375.30               | 2745               | 1.14                                   | 0.81                                      |
|            | 3      | 59                  | 2360                           | 3289.42               | 2680               | 1.14                                   | 0.81                                      |
|            | 4      | 60                  | 2400                           | 3348.26               | 2740               | 1.14                                   | 0.82                                      |
| Octubre    | 1      | 60                  | 2400                           | 3454.62               | 2730               | 1.14                                   | 0.79                                      |
|            | 2      | 60                  | 2400                           | 3487.44               | 2740               | 1.14                                   | 0.79                                      |
|            | 3      | 59                  | 2360                           | 3280.85               | 2632               | 1.12                                   | 0.80                                      |
|            | 4      | 60                  | 2400                           | 3358.69               | 2712               | 1.13                                   | 0.81                                      |
| Noviembre  | 1      | 60                  | 2400                           | 3482.91               | 2743               | 1.14                                   | 0.79                                      |
|            | 2      | 59                  | 2360                           | 3359.93               | 2673               | 1.13                                   | 0.80                                      |
|            | 3      | 60                  | 2400                           | 3413.96               | 2718               | 1.13                                   | 0.80                                      |
|            | 4      | 60                  | 2400                           | 3375.72               | 2732               | 1.14                                   | 0.81                                      |
| Promedio   |        |                     | 2390.00                        | 3403.08               | 2713.06            | 1.14                                   | 0.80                                      |

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que por cada hora hombre empleada en el proceso de producción se produce en promedio 1.14 cajas de banano semanal.

Así mismo podemos deducir que por cada kilogramo de materia prima empleada se obtienen 0.80 cajas de banano en promedio semanal.

Tabla 16. *Productividad total después de la mejora*

| Mes        | Semana | Producción<br>(en S/.) | Mano de<br>obra (en<br>S/.) | Materia prima<br>en (en S/.) | Productividad<br>total (en S/.) |
|------------|--------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Agosto     | 1      | 81189.01               | 11800.00                    | 35405.45                     | 1.72                            |
|            | 2      | 83506.08               | 12000.00                    | 36710.15                     | 1.71                            |
|            | 3      | 82621.94               | 12000.00                    | 36283.24                     | 1.71                            |
|            | 4      | 82012.18               | 12000.00                    | 35898.18                     | 1.71                            |
| Septiembre | 1      | 84207.30               | 12000.00                    | 36971.50                     | 1.72                            |
|            | 2      | 83689.01               | 12000.00                    | 36614.61                     | 1.72                            |
|            | 3      | 81707.30               | 11800.00                    | 35426.50                     | 1.73                            |
|            | 4      | 83536.57               | 12000.00                    | 36206.44                     | 1.73                            |
| Octubre    | 1      | 83231.69               | 12000.00                    | 36286.38                     | 1.72                            |
|            | 2      | 83536.57               | 12000.00                    | 36527.87                     | 1.72                            |
|            | 3      | 80243.89               | 11800.00                    | 35146.52                     | 1.71                            |
|            | 4      | 82682.91               | 12000.00                    | 35970.55                     | 1.72                            |
| Noviembre  | 1      | 83628.04               | 12000.00                    | 36546.11                     | 1.72                            |
|            | 2      | 81493.89               | 11800.00                    | 35458.53                     | 1.72                            |
|            | 3      | 82865.84               | 12000.00                    | 36418.65                     | 1.71                            |
|            | 4      | 83292.67               | 12000.00                    | 36332.04                     | 1.72                            |
| Promedio   |        | 82715.31               | 11950.00                    | 36137.67                     | 1.72                            |

Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior podemos determinar que la productividad total es de 1.72 lo que significa que por cada sol invertido en materia prima y mano de obra se obtuvo 0.72 soles de utilidad en promedio semanal.

A continuación se presenta la comparación de los indicadores de la productividad un antes y después de la mejora.

Tabla 17. *Comparación de los indicadores de productividad antes y después*

| Factor                              | Antes | Después | Indicador   | Unidades                                   |
|-------------------------------------|-------|---------|---|--|
| Productividad mano de obra          | 0.82  | 1.14    | $\frac{\text{Producción de cajas de banano}}{\text{Horas hombre}}$        | $\frac{\text{cajas}}{\text{horas hombre}}$ |
| Productividad de materia prima      | 0.72  | 0.80    | $\frac{\text{Producción de cajas de banano}}{\text{kg de materia prima}}$ | $\frac{\text{cajas}}{\text{kg}}$           |
| Productividad total                 | 1.42  | 1.72    | Utilidad por sol invertido en recurso mano de obra y materia prima.       | $\frac{\text{S/.}}{\text{S/.}}$            |
| Variación de la productividad total |       |         | $(1.72-1.42)/1.42*100= 21.13\%$   |  |

Fuente: elaboración propia

En la tabla 17 podemos observar que la productividad total incrementó en 21.13 % con respecto al estado inicial.

## Prueba de hipótesis.

La evaluación de normalidad se realizó con los datos de la productividad. La prueba que se ejecutó fue la de Shapiro Wilk por tratarse de datos menores que 30. Las hipótesis planteadas para la prueba de normalidad son las siguientes:

H0: Los datos de la productividad de la empresa Caleb LTDA siguen una distribución normal

H1: Los datos de la productividad de la empresa Caleb LTDA no siguen una distribución normal.

El software estadístico SPSS arrojó los resultados siguientes:

| <b>Pruebas de normalidad</b>                 |                                 |    |      |              |    |      |
|--|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|  | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|  | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| VAR00003                                     | ,220                            | 16 | ,038 | ,919         | 16 | ,164 |
| a. Corrección de significación de Lilliefors |                                 |    |      |              |    |      |

Figura 22. Prueba de normalidad

Fuente: Software SPSS

Los niveles de significancia de la prueba Shapiro Wilk son mayores que 0.05, aceptándose la hipótesis nula, por lo tanto la productividad de la empresa Caleb LTDA presenta una distribución normal.

Los datos de la productividad siguen una distribución normal por lo que se procedió a ejecutar la prueba t student, las hipótesis utilizadas son:

H0: La aplicación de la metodología six sigma no tendrá un efecto positivo en la productividad de la empresa Caleb LTDA.

H1: La aplicación de la metodología six sigma tendrá un efecto positivo en la productividad de la empresa Caleb LTDA.

Los resultados de la prueba t student se muestran a continuación:

| 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                          | VAR00001 - VAR00002 | -,29750                 | ,01065           | ,00266               | -,30317  | -,29183  | -111,781 | 15 | ,000             |  |

Figura 23. Prueba de muestras emparejadas

Fuente: Software SPSS

Podemos observar que el nivel de significancia de la prueba t student resultó en 0.000, lo que significa que es menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y por eso motivo podemos afirmar que la aplicación de la metodología six sigma tiene un efecto positivo en la productividad de la empresa Caleb LTDA.



## V. DISCUSIÓN

El estudio se realizó en la empresa Caleb dedicada a la producción y exportación de bananos orgánicos, tuvo como objetivo principal determinar el efecto de la aplicación de la metodología six sigma en la productividad de la empresa Caleb.

La empresa contaba con una producción que no cumplía con los requerimientos de sus clientes, presentando gran cantidad de productos no conformes, evidenciando una pérdida económica para la entidad, además las actividades del proceso estaban siendo ejecutadas incorrectamente, pero ahora con un plan de mejora y una adecuada optimización del proceso permitió dar solución a la problemática, generando mayor rentabilidad a la empresa.

Según el objetivo general, la aplicación de la metodología six sigma tuvo un efecto positivo en la productividad de la empresa Caleb, lo cual se evidencia a través del aumento de la productividad total de 1.42 a 1.72 es decir aumentó en un 21.13%, lo que nos demuestra la efectividad de la metodología six sigma. Además se superó el nivel sigma inicial pasando de 1.53 sigma a 3.49 sigma.

Los resultados anteriores son similares a los de Roncal et al. (2016), quien aplicó en su investigación la metodología six sigma, logrando aumentar la productividad en un 36.7 %, además tuvo una mejora en cuanto al nivel sigma pasando de 1.8 a 3.7 sigma.

Del mismo modo Aguilar (2018) aumentó la productividad en 7.14% mediante la aplicación de la metodología six sigma en una empresa de la ciudad de Lima, también ayudó a mejorar el desempeño de su proceso incrementando el nivel sigma de 3.9 a 4.3 sigma superando el inicial.

Además Cruz y Reyes (2015), afirman que la metodología six sigma adopta mejoras y cambios positivos en la organización, influyendo significativamente en la efectividad y la productividad de la empresa.

Lo anterior es avalado por los autores Garza et al. (2016) que la metodología six sigma desde su invención fue usada para disminuir la variación del proceso, mejorar la calidad y productividad de la empresa.

De acuerdo con el objetivo específico 1, se hizo un análisis de la situación actual con el fin de detectar los problemas que más afectan a la productividad. Se realizó mediante un cuestionario que se aplicó durante las visitas a la empresa, se empleó el diagrama de análisis de proceso, diagrama de Ishikawa y de Pareto. Los principales problemas fueron el incumplimiento de la producción con las especificaciones, desperdicios de la producción y falta de control de calidad. Así mismo se midió los indicadores de productividad de mano de obra la cual fue 0.82 cajas de banano/H-H, materia prima 0.72 cajas de banano/kg y la productividad total 1.42 soles/soles.

Los resultados anteriores son similares a los Aguilar (2018), quien realizó un diagnóstico de la situación problemática de una empresa ubicada en la ciudad de Lima, mediante el diagrama de análisis de proceso, diagrama de Ishikawa y de Pareto. Encontró que el personal estaba realizando trabajos deficientes, presencia de productos defectuosos y reprocesos en la producción siendo necesario la aplicación de la metodología six sigma quien ayudó a mejorar el proceso productivo y la calidad del producto beneficiando al cliente y a la empresa de manera económica.

El resultado anterior tiene coincidencia con los autores Gutiérrez y Salazar (2013) quienes afirman que la metodología six sigma es un plan de mejora dirigido al cliente, que consiste en descubrir y eliminar los problemas que surgen en el proceso productivo.

De acuerdo con el objetivo específico 2, aplicar la metodología six sigma, se planificó en realizar a través de las cinco etapas que lo conforman. Ya que según los autores Ocampo y Pavón (2012) la metodología six sigma desarrolla las siguientes etapas que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Esto permitió realizar ciertas mejoras como la optimización del proceso productivo y mejorar la calidad de la fruta para la exportación, cumpliendo fácilmente con las especificaciones de los clientes. Esto se evidencia a través del índice de la capacidad del proceso que logró mejorar de 0.83 a 1.33 Cp, lo que representa que ahora el proceso es el más adecuado para el trabajo siendo más eficiente y productivo, del mismo modo las unidades producidas con defectos se logró disminuir de 54545.45 DPMO a 7954.55 DPMO.

Los resultados anteriores coinciden con los autores Rojas et al. (2015) quienes aplicaron igualmente la metodología six sigma a través de sus cinco etapas, le permitió tener un impacto positivo en la empresa eliminando todos los problemas surgidos en el proceso de producción, logró aumentar el índice de capacidad del proceso de 0.45 a 1.3 Cp, además disminuyó las unidades defectuosas de 609532.89 DPMO a 37674.65 DPMO.

Este resultado tiene semejanza con el obtenido por Tolamatl et al. (2011), quien aplicó la metodología six sigma para disminuir el producto disconforme que no cumplían con la calidad, logró reducir 15384 DPMO a 1238.23 DPMO, esto permitió tener un proceso más eficiente elevando el nivel sigma inicial de 2.4 a 3.6 sigma.

De la misma manera tenemos a Caicedo (2011) quien afirmó haber tenido un impacto positivo con la aplicación de la metodología six sigma, quien ayudó a tener un mejor control en su proceso a través del índice de capacidad del proceso que aumentó de 0.41 a 0.89 Cp, además logró disminuir la cantidad de unidades no conformes de 256767 DPMO a 57700 DPMO, esto le permitió mejorar la calidad de su producto.

Según Sánchez (2018) aplicó la metodología six sigma en una empresa de Trujillo, logrando aumentar la productividad, a través de una reducción de los defectos en la producción de 285564.85 DPMO a 134831.46 DPMO, del mismo modo logró eliminar las actividades que no agregan valor lo que le permitió tener un mejor índice de capacidad de proceso de 0.69 a 0.87 Cp y en cuanto al nivel sigma mejoró de 2.07 a 2.60 sigma.

Por otro lado tenemos a Bernardo y Paredes (2016) quienes lograron dar solución aquellas causas raíces que no estaban a simple vista de las personas que trabajaban en el área, mejoró el desempeño de su proceso pasando de un nivel sigma inicial de 0.5 a 1.8 sigma.

De igual manera el autor Astorga (2013) menciona que el índice Cp es desarrollado por la variación tolerada entre la amplitud de la variación natural del proceso, lo que permite determinar ver en qué condición se encuentra el proceso, siendo parte de la metodología six sigma que al momento de aplicar la mejora siempre origina cambios favorables en el proceso de la empresa.

Así mismo Evans y Lindsay (2014) afirman que al aplicar la metodología six sigma hace uso de las herramientas de la calidad como son, las lluvias de ideas, diagrama de dispersión, histogramas, diagrama de Pareto y las gráficas de control, la cual sirvió para observar el comportamiento del proceso y analizar la variabilidad de acuerdo a los límites de control.

Según el autor Salvador (2014) quién al aplicar la metodología six sigma utilizando las herramientas de la calidad, identificó y solucionó la problemática de la empresa teniendo como resultados la reducción del porcentaje de desperdicios y mejora de los procesos, determinó tener un efecto positivo en el aumento de la productividad en una empresa de Lima.

Según el objetivo específico 3, se logró medir los resultados después de la aplicación de la metodología six sigma, logrando aumentar los indicadores de productividad de mano de obra a 1.14 cajas de banano/H-H, la productividad de materia prima a 0.80 cajas de banano/kg y la productividad total a 1.72 soles/soles. Lo que demuestra que la aplicación de la metodología six sigma fue todo un éxito para mejorar la productividad de la empresa Caleb, siendo ahora más eficiente en cuanto a la utilización de sus recursos.

Del mismo modo García (2005) afirmó que la productividad es un índice que ayuda a conocer el nivel de utilización de los recursos para cumplir el objetivo que queremos alcanzar.

La productividad total de la empresa Caleb incrementó de 1.42 a 1.72 soles/soles, esto representó un aumento del 21.13 % en la productividad, lo que significa que la metodología six sigma tuvo un efecto positivo en la empresa después de lograr dar solución a la problemática.

Así mismo Heizer y Render (2009) avalan nuestros resultados logrados, ya que menciona que los índices de la productividad miden realmente como se encuentra la empresa antes y después de aplicar un plan de mejora.

## VI. CONCLUSIONES

El trabajo realizado llegó a las siguientes conclusiones.

1. La aplicación de la metodología six sigma tuvo un efecto positivo en la productividad de la empresa Caleb LTDA, logrando aumentar de 1.42 soles/soles a 1.72 soles/soles es decir aumentó en 21.13% la productividad total. Del mismo modo mejoró el nivel sigma de 1.53 a 3.49 sigma.
2. En el análisis de la situación actual de la empresa, se determinó que los problemas que más se destacaron fueron el incumplimiento de la producción con las especificaciones, desperdicios de la producción y falta de control de calidad. De la misma manera se midió los indicadores de productividad de mano de obra la cual fue 0.82 cajas de banano/H-H, materia prima 0.72 cajas de banano/kg y la productividad total de 1.42 soles/soles.
3. Se aplicó la metodología six sigma a través de las cinco etapas que lo conforman, logró mejorar y optimizar el proceso productivo y mejoró la calidad de la fruta para la exportación. Disminuyó las unidades producidas con defectos de 54545.45 DPMO a 7954.55 DPMO. Además aumentó el desempeño de la capacidad del proceso de 0.83 a 1.33 Cp, lo que representa que ahora el proceso es el más adecuado para el trabajo siendo más eficiente y productivo.
4. Después de la aplicación de la metodología six sigma los índices de la productividad resultaron: productividad mano de obra 1.14 cajas de banano/H-H, productividad materia prima 0.82 cajas de banano/kg y productividad total 1.72 soles/soles y el nivel de significancia de la prueba t student fue de 0.000, aceptándose la hipótesis de la investigación.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se debe continuar con las capacitaciones sobre temas relacionados con el manejo del proceso productivo, mejoramiento de la calidad del banano y buenas prácticas agrícolas.
- Hacer un seguimiento constante del plan de mejora y de las herramientas implementadas de la calidad, midiendo el nivel sigma como la cantidad de los productos defectuosos y los indicadores de la capacidad del proceso.
- Continuar con el monitoreo del proceso a través de las gráficas de control.
- Se debe promover el desempeño del personal con incentivos económicos, debido a que los operarios tienen un contacto directo dentro del proceso productivo.
- Se recomienda instalar un cable vía desde el campo donde está la plantación del banano hasta las empacadoras, esto permitirá reducir el impacto de golpe en la fruta.

## REFERENCIAS

Tolamatl, J., Gallardo, D., Varela, J., y Flores, E. (2011). Aplicación de six sigma en una microempresa del ramo automotriz. *Conciencia Tecnológica*, (42) ,11-18.

ISSN: 1405-5597

Caicedo, N. (2011). Aplicación de la metodología seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones. *Prospectiva*, 9(2), 65-74. Recuperado de:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250980010>

ISSN: 1692-8261

Roncal, C., Esquivel, L. y Moreno, C. (2016). Metodología DMAIC-SIX SIGMA para aumentar la productividad del área de producto terminado de la empresa Pesquera artesanal de Chimbote. *INGnosis*, 3(1), 114-129. Recuperado de:

<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2027/1717>

Cruz, M, y Reyes, J. (2015). *Diseño para un modelo de gestión aplicando la metodología six sigma en la mejora de la eficiencia y productividad*. Tesis (Ingeniero En Gestión Empresarial). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Aguilar, F. (2018). *Six sigma para mejorar la productividad en una procesadora de maca*. Tesis (para Ingeniero Industrial). Universidad César Vallejo, Huancayo. Recuperado de: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1052>.

Sanchez, K. (2018), *Metodología six sigma para mejorar la gestión logística*. Tesis (Maestro en dirección de operaciones y cadena de abastecimiento). Universidad Privada Del Norte, Trujillo.

Bernardo, K. y Paredes, J. (2016). *Aplicación de la metodología six sigma para mejorar el proceso de registro de matrícula en la universidad*. Tesis (Ingeniero de Sistemas). Universidad Autónoma del Perú, Lima.

Vela, D. (2017). *Aplicación del six sigma para incrementar la productividad*. Tesis (para Ingeniero Industrial). Universidad César Vallejo, Lima.

Gutiérrez, H. y Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad seis sigma*. 3.ª ed. Guadalajara, México: McGraw-hill/interamericana.

ISBN: 9786071509291

Pagés, C. (2010). *La era de la Productividad*. Washington, Estados Unidos: Banco Interamericano de Desarrollo. ISBN: 9781597821193

Evans, J. y Lindsay, W. (2014). *Managing for Quality and Performance*. 7.ª ed. México: Cengage Learning. ISBN: 9786075193755

Prokopenko, J. (1989). *Gestión de la productividad*. Ginebra, Suiza: Organización internacional del trabajo. ISBN: 9223059011

García, R. (2005). *Estudio del trabajo*. 2.ª ed. España: McGraw-Hill/interamericana. ISBN: 9789701046579

Heizer, R. y Render, B. (2009). *Principles of operations management*. 7.ª ed. México: Pearson education. ISBN: 9786074420999

Fao. (2019). *Food outlook-biannual report on global food markets*. Roma: CC BY-NC-SA 3.0IGO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ca4526en/ca4526en.pdf>  
ISBN: 9789251314487

Ocampo, J. y Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC seis sigma con la simulación de eventos discretos. *LACCEI*, (147), 22-27. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/264044270>

Estrada, C. y Maldonado, E. (2016). Proceso de control de calidad para el banano. Ecuador, *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. ISSN: 1696-8352

Ledesma, E., Villacrés, R. y Delgadillo, L. (2019). Bananota. *Bilingüe*, (136). Ecuador. ISSN: 1390-521X



Salvador, M. (2014). Aplicación de la metodología six sigma en el proceso de elaboración de harina residual de pescado. *LACCEI*: 22-24. Recuperado de: <https://docplayer.es/2115108-Aplicacion-de-la-metodologia-dmaic-al-proceso-de-elaboracion-de-harina-residual-de-pescado.html>

Garza, C., Gonzáles, C., Rodríguez, E. y Hernandez, C. (2016). 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

Bória, S. y García, A. (2006). *Métodos de trabajo aplicados en las ciencias sociales*. España: Universidad de Barcelona. Recuperado de: <http://www.publicacions.ub.edu/ficha.aspx?cod=06577>  
ISBN: 9788447530274

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Cálculo de los índices de productividad laboral y del costo unitario de mano de obra*. 2.ª ed. México: INEGI. ISBN: 9786077397540

Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial*. 12.ª ed. México: Mc Graw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V. ISBN: 978970106922

Gonzales, M. (2011). *Control de mermas y desperdicios en el almacén de una avícola*. Tesis (para ingeniero industrial). Guatemala: universidad de San Carlos de Guatemala.

Cadena, O. (2018). *Gestión en la calidad y productividad*. 2.ª ed. Ecuador: universidad de las fuerzas armadas. ISBN: 9789942765352

Hernández, R., Fernández., C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. 6.ª ed. México D.F: Mc Graw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V. ISBN: 9781456223960

Tarí, J. (2000). *Calidad total: fuente de ventaja competitiva*. España: Universidad de Alicante. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10045/13445>

ISBN: 84-7908-522-3

Cabezas, E., Andrade, D. y Torres, J. (2018). *Introducción a la investigación científica*. 2.ª ed. Ecuador: universidad de las fuerzas armadas.

ISBN: 978-9942-765-44-4

Vilar, J. (1999). *Process improvement in the industry*. España: Fund. Confemental.

ISBN: 9788489786851

Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Patria. ISBN: 978-607-744-003-1

Luis, S., García, L. y Villareal, F. (2014). Factores y conceptos de six sigma. Argentina: *Revista de la escuela de investigación operativa*. 22 (36) ,100-113.

Recuperado

de:

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/20182/19826>

Rojas, J., Pretell, C., Vásquez, L., Cáceres, A. y Márquez, L. (2015). Mejora de procesos aplicando la metodología DMAIC – Six Sigma, en el control y reducción y de la variabilidad del pH en conservas de pimiento piquillo. *LACCEI*, 13 (225). doi: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.225>

Varela, L., Flores, E. y Tolamatl, J. (2010). Disminución de la variación en el proceso de muebles con six sigma, México: *Revista de Conciencia Tecnológica*, (40), 35-41. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759008>

ISSN: 1405-5597

Fontalvo, T. (2011). Application of six sigma in Cement manufacturer. *Escenarios*, 9(1), 7-17.

Astorga, J. (2013). Statistical analysis of the voltage drop in a low voltage electrical system. *Ingeniería energética*, 34(2), 151-162. ISSN: 1815-5901

Botero, M., Arbeláez, O. y Mendoza, J. (2007). 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

Delgado, F. y Rueda, P. (2019). Medición de la calidad por medio de niveles sigma para monitorear el mejoramiento de procesos organizacionales controlados por ISO 9001. *Revista EIA*, 16(31), doi: <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1113>

Escalante, E. (2013). *Seis sigmas: metodología y técnicas*. 2.ª ed. México: Limusa/Noriega. ISBN: 9786070504488

Sandoval, T., Ugalde, L., Téllez, A., Vergara, H., y Ruiz, D. (2020). Statistical analysis in gtaw welding application using full factorial design experiment. *Soldag, insp*, 25. ISSN 1980-6973

Espejo, F. (2020). Analyze passengers' boarding time in buses in the city of Bogota using a factorial design. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 21(1), 1-13. ISSN 2594-0732

Lara, L., Guillermo, W., Pineda, Y., Peña, G., y Felipe, H. (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>  
ISSN 0123-7799


## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

| Variable      | Tipo de variable | Definición conceptual  | Definición operacional   | Dimensiones                       | Indicadores   | Escala |
|---------------|------------------|--|--|-----------------------------------|---|--------|
| Six sigma     | Independiente    | Para Gutiérrez y Salazar (2013), "six sigma es un plan de mejora dirigido al cliente, que consiste en descubrir y detectar el motivo de los problemas que surgen en el proceso para luego eliminarlos" (p. 398). | Según Ocampo y Pavón (2012) six sigma permitirá desarrollar un modelo estructurado a través de las siguientes etapas que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar, ya que estas están conectadas en forma lógica entre sí. En tal sentido la forma en que se evaluará esta variable según Gutiérrez y Salazar (2013) será a través de la capacidad del proceso y según Aguilar (2018) el nivel sigma. | Capacidad del proceso             | $C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$                                     | Razón  |
|               |                  |  |  | Nivel sigma                       | DPMO = DPOX1000000  | Razón  |
| Productividad | Dependiente      | Para Prokopenko (2013) define la productividad como la relación de la producción entre los recursos que se han usado, la cual pueden ser cantidad de trabajadores, tiempo empleado, materiales, horas-máquina.   | Según Heizer y Render (2009) la productividad será evaluada a través de la productividad de mano de obra, materia prima. Y el índice de la productividad total (Bória y García (2006).   | Productividad de materia prima    | Producción de cajas de banano/kg de materia prima                   | Razón  |
|               |                  |  |  | Productividad de mano de obra     | Producción de cajas de banano /H-H                                  | Razón  |
|               |                  |  |  | Índice de la productividad total. | Utilidad por sol invertido en recurso mano de obra y materia prima. | Razón  |

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 2. Cuestionario

|              |                    |   |
|--------------|--------------------|---|
| Versión: 001 | EMPRESA CAPO CALEB |  |
| página: 1/1  | CUESTIONARIO       |   |

A continuación se presenta na serie de preguntas la cual usted debe responder con sinceridad, por favor marque con una (x) según corresponda.

- ¿Tiene conocimiento sobre la metodología SIX SIGMA?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no
- ¿Ha encontrado el apoyo en el área en la que labora y las facilidades necesarias para que usted desarrolle de modo óptimo sus labores?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no
- ¿La empresa Caleb LTDA, cambia constantemente de personal en el área de producción y selección del banano?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no
- ¿Ha recibido alguna capacitación para desempeñar su trabajo?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no
- ¿Se está dando uso correcto a la materia prima?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no
- ¿Ocurren defectos y desperdicios en el banano durante el proceso de producción y exportación?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no
- ¿Usted cree que el procedimiento de trabajo durante el proceso de producción y empaque necesitaría algunas modificaciones?  
 Definitivamente sí  Probablemente sí  Indeciso  Probablemente no  Definitivamente no

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 3. Diagrama de análisis de proceso

| DAP                                     | OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO   |   |  |   |   |   |               |
|---|--|---|---|---|---|---|---------------|
| Hoja N°1                                | Resumen  |   |   |   |   |   |               |
| Objetivo: Analizar las actividades      | Actividades  | Actual  | Propuesta   |   |   |   |               |
| Proceso: Producción del banano orgánico | Operación       |   |   |   |   |   |               |
| Método: Actual                          | Transporte      |   |   |   |   |   |               |
| Actividad: todo el proceso              | Espera          |   |   |   |   |   |               |
|   | Inspección      |   |   |   |   |   |               |
| Elaborado por: Fernando Quispe Riojas   | Almacenamiento  |   |   |   |   |   |               |
|   | Total  |   |   |   |   |   |               |
| Descripción                             | Tiempo (min)   | Símbolos  |   |   |   |   | observaciones |
|   |  |  |    |  |  |  |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |
|   |  |   |   |   |   |   |               |

Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 4. Ficha de registro de materiales

| página: 1/1                 |                   | EMPRESA CALEB LTDA     |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  <b>CALEB</b><br>COOPERATIVA AGRARIA DE PRODUCTORES ORGANICOS |                      |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|-------|-----------|------------------|-------|---------|----------|-------|-----------------|--|----------------------|
| Especificación del cliente: |                   | REGISTRO DE MATERIALES |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |
| MATERIA PRIMA               | zuncho paletizado | Cloro                  | Cajas | Cartulina | kliner fungicida | Funda | Estiker | Parafilm | Cinta | Cuello de monga | Cantidad total en KG   | Costo total en soles |
| Peso en (KG)                |                   |                        |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |
| Precio                      |                   |                        |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |
| 1 semana de enero           |                   |                        |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |
| 2 semana de enero           |                   |                        |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |
| 3 semana de enero           |                   |                        |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |
| 4 semana de enero           |                   |                        |       |           |                  |       |         |          |       |                 |  |                      |


Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 5. Ficha de registro de Productividad mano de obra y materia prima.

| PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
|--|--------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|--|-------------------------------------|---|
| EMPRESA:                                   |        | CALEB LTDA           |                                |                       |                    |  |                                     |  |
| RUC:                                       |        | 20601027896          |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| PRODUCTO:                                  |        | BANANO PARA EXPORTAR |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| Página: 1/1                                |        | version: 001         |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| Nº   | Semana | Número de operarios  | Jornada laboral (horas-hombre) | Materia prima (en Kg) | Producción (cajas) | Productividad mano de obra (cajas/h-h) | Productividad de materia (cajas/kg) |   |
| 1  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 2  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 3  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 4  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 5  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 6  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 7  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 8  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 9  |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 10   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 11   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 12   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 13   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 14   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 15   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| 16   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |
| Promedio                                   |        |                      |                                |                       |                    |  |                                     |   |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 6. Ficha de registro de Productividad total.**

| PRODUCTIVIDAD TOTAL |        |                        |                             |  |                                     |
|---------------------|--------|------------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| EMPRESA:            |        | CALEB LTDA             |                             |  |                                     |
| RUC:                |        | 20601027896            |                             |  |                                     |
| PRODUCTO:           |        | BANANO PARA            |                             |  |                                     |
| Página: 1/1         |        | version: 001           |                             |  |                                     |
| N°                  | Semana | Producción<br>(en S/.) | Mano de<br>obra (en<br>S/.) | Materia<br>prima en<br>(en S/.)  | Productivida<br>d total (en<br>S/.) |
| 1                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 2                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 3                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 4                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 5                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 6                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 7                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 8                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 9                   |        |                        |                             |  |                                     |
| 10                  |        |                        |                             |  |                                     |
| 11                  |        |                        |                             |  |                                     |
| 12                  |        |                        |                             |  |                                     |
| 13                  |        |                        |                             |  |                                     |
| 14                  |        |                        |                             |  |                                     |
| 15                  |        |                        |                             |  |                                     |
| 16                  |        |                        |                             |  |                                     |
| Promedio            |        |                        |                             |  |                                     |


Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 7. Marco de proyecto.**

| Marco del proyecto seis sigma                     |
|---|
| <b>Propósito:</b>                                 |
| <b>Necesidades del negocio a ser atendidas:</b>   |
| <b>Declaración del problema:</b>                  |
| <b>Objetivo:</b>                                  |
| <b>Alcance:</b>                                   |
| <b>Equipo de trabajo</b>                          |
| <b>Métricas</b>                                   |
| <b>Fecha de inicio del proyecto:</b>              |
| <b>Fecha planeada para finalizar el proyecto:</b> |
| <b>Entrega del proyecto:</b>                      |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 8. Ficha de registro para la calibración del banano.**

| página: 1/1                 |             | EMPRESA CALEB LTDA                                  |    |          |  <b>CALEB</b><br>COOPERATIVA AGRARIA DE PRODUCTORES ORGANICOS |    |             |
|-----------------------------|-------------|---|----|----------|--|----|-------------|
| especificación del cliente: |             | CAPACIDAD DEL PROCESO EN LA CALIBRAACIÓN DEL BANANO |    |          |  |    |             |
| Muestra                     | Calibración |   |    | Promedio | ES   | EI | calibración |
|                             | X1          | X2  | X3 |          |  |    |             |
| 1                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 2                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 3                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 4                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 5                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 6                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 7                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 8                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 9                           |             |   |    |          |  |    |             |
| 10                          |             |   |    |          |  |    |             |
| 11                          |             |   |    |          |  |    |             |
| 12                          |             |   |    |          |  |    |             |
| 13                          |             |   |    |          |  |    |             |
| 14                          |             |   |    |          |  |    |             |
| 15                          |             |   |    |          |  |    |             |
| promedio                    |             |   |    |          |  |    |             |
| desviacion                  |             |   |    |          |  |    |             |
| Cp                          |             |   |    |          |  |    |             |

Fuente: Elaboración propia.


**Anexo 9. Ficha de registro para defectos en el banano.**

| página: 1/1  |           | EMPRESA CALEB LTDA    |             |  <b>CALEB</b><br>COOPERATIVA AGRARIA DE PRODUCTORES ORGANICOS |  |  |
|--------------|-----------|-----------------------|-------------|---|--|--|
| version: 001 |           | DEFECTOS EN EL BANANO |             |   |  |  |
| Nº           | Actividad | Entradas              | Oportunidad | Defectos  |  |  |
| 1            |           |                       |             |   |  |  |
| 2            |           |                       |             |   |  |  |
| 3            |           |                       |             |   |  |  |
| 4            |           |                       |             |   |  |  |
| 5            |           |                       |             |   |  |  |
| 6            |           |                       |             |   |  |  |
| 7            |           |                       |             |   |  |  |
| 8            |           |                       |             |   |  |  |
| 9            |           |                       |             |   |  |  |
| 10           |           |                       |             |   |  |  |
| 11           |           |                       |             |   |  |  |
| Total        |           |                       |             |   |  |  |
| DPMO         |           |                       |             |   |  |  |

Fuente: Elaboración propia




**Anexo 10. Registro de lluvia de ideas.**

| REGISTRO DE LLUVIA DE IDEAS   |  |                        |              |
|---|--|------------------------|--------------|
|  |  | Empresa: Capo Caleb    |              |
|   |  | Realizado por el autor | version: 001 |
| produccion-exportacion de banano  |  |                        |              |
| Actividad que se realiza  |  | Mejora de la actividad |              |
| 1   |  | 1                      |              |
| 2   |  | 2                      |              |
| 3   |  | 3                      |              |
| 4   |  | 4                      |              |
| 5   |  | 5                      |              |
| 6   |  | 6                      |              |
| 7   |  | 7                      |              |
| 8   |  | 8                      |              |
| 9   |  | 9                      |              |
| 10  |  | 10                     |              |
| 11  |  | 11                     |              |
| 12  |  | 12                     |              |
| 13  |  | 13                     |              |
| 14  |  | 14                     |              |
| 15  |  | 15                     |              |
| 16  |  | 16                     |              |
| 17  |  | 17                     |              |
| 18  |  | 18                     |              |
| 19  |  | 19                     |              |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 11. Programa de capacitación del personal de la empresa.**

|  |           | EMPRESA CALEB LTDA  |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|---|-----------|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|--|
|   |           | Programa para plan de capacitación del personal de la empresa |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           | Cronograma ara las actividades de capacitación                |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
| Actividades   | 1° semana |   |   |   |   | 2° semana |   |   |   |   |  |
|   | 1         | 2   | 3 | 4 | 5 | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |
|   |           |   |   |   |   |           |   |   |   |   |  |

Fuente: Elaboración propia.



## Anexo 13. Carta de presentación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### CARTA DE PRESENTACION

Señor (a):

Presente

Asunto: VALIDACION DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de *Chepén*, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es *Aplicación de la metodología six sigma y su efecto en la productividad de la empresa Caleb LTDA, Pacanga, 2020* y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

---

Quispe Riojas Heyner Fernando  
73493708

## Anexo 14. Definición conceptual de las variables y dimensiones



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma**

Gutiérrez y Salazar (2013), "six sigma es un plan de mejora dirigido al cliente, que consiste en descubrir y detectar el motivo de los problemas que se originan durante un proceso para luego eliminarlos" (p. 398).

#### **Dimensiones de la variable**

##### **Dimensión: Capacidad del proceso**

En cuanto a la capacidad de proceso para Gutiérrez y Salazar (2013) consiste, en saber su extensión en la variabilidad natural del proceso enfocándose en las especificaciones y al valor ideal.

##### **Dimensión: Nivel sigma**

El nivel sigma informa cuántas desviaciones estándar pueden estar entre los límites de especificación del proceso y para determinar el nivel sigma se ubica el resultado del DPMO o PPM en la tabla de conversión nivel sigma (Aguilar, 2018).

#### **VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad**

Prokopenko (2013) define la productividad como la relación de lo producido entre los recursos que se han usado.

#### **Dimensiones de la variable**

##### **Dimensión: Productividad de mano de obra**

Según Heizer y Render (2009) menciona que la productividad mano de obra indica la relación de las entradas entre las salidas, entonces la productividad mano de obra se define en producción/horas-hombre.

##### **Dimensión: Productividad de materia prima**

La productividad de materia prima es la relación de las entradas entre las salidas de un solo factor (Heizer y Render, 2009).

##### **Dimensión: Índice de la productividad total**

Es la relación de la producción entre todos los factores que han sido utilizados, dicho esto la productividad total será medida, la utilidad por sol invertido en recurso mano de obra y de materia prima (Bória y García, 2006).

**Anexo 15.** Matriz de operacionalización de las variables.



**MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES QUE MIDE SIX SIGMA Y LA PRODUCTIVIDAD**

| VARIABLES DE ESTUDIO | DIMENSIÓN                      | INDICADORES   | ESCALA DE MEDICIÓN |
|----------------------|--------------------------------|---|--------------------|
| SIX SIGMA            | Capacidad del proceso          | $C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$                                       | Razón              |
|                      | Nivel sigma                    | $DPMO = DPO \times 1000000$   | Razón              |
| PRODUCTIVIDAD        | Productividad de materia prima | Producción de cajas de banano/Kg de materia prima                     | Razón              |
|                      | Productividad de mano de obra  | Producción de cajas de banano/horas hombre                            | Razón              |
|                      | Productividad total            | Utilidad por sol invertido en recurso de mano de obra y materia prima | Razón              |

## Anexo 16. Juez validador 1



### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE SIX SIGMA Y LA PRODUCTIVIDAD

| N° | VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES                                   | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma</b>                              |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | DIMENSIÓN 1: Capacidad del proceso                                    |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 1  | $C_p = ES - EI / 6\sigma$   | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2: Nivel sigma  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 2  | $DPMO = DPO \times 1000000$   | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | <b>VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad</b>                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1: Productividad de materia prima                           |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 3  | Producción de cajas de banano/Kg de materia prima                     | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2: Productividad de mano de obra                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 4  | Producción de cajas de banano/horas hombre                            | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 3: Productividad total                                      | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 5  | Utilidad por sol invertido en recurso de mano de obra y materia prima | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir  No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador (1). Mg: Carlos Enrique Mendoza Ocaña

DNI: 17806063

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial-Gerencia de operaciones

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>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

29 de junio 2020

Carlos Mendoza Ocaña  
ING. INDUSTRIAL  
R. GIP. 61607

Firma del Experto Informante

## Anexo 17. Juez validador 2



### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE SIX SIGMA Y LA PRODUCTIVIDAD

| N° | VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES                                   | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma</b>                              | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1: Capacidad del proceso                                    |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 1  | Cp= ES-EI/6σ  | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2: Nivel sigma  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 2  | DPMO=DPOx1000000  | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | <b>VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad</b>                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1: Productividad de materia prima                           |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 3  | Producción de cajas de banano/Kg de materia prima                     | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2: Productividad de mano de obra                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 4  | Producción de cajas de banano/horas hombre                            | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 3: Productividad total                                      | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 5  | Utilidad por sol invertido en recurso de mano de obra y materia prima | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad:  Aplicable  Aplicable después de corregir  No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador (2). Mg: Carlos José Sandoval Reyes

DNI: 09222224

Especialidad del validador: Ingeniero Industria-Gerencia de operaciones

29 de junio 2020

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>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 18. Juez validador 3



### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE SIX SIGMA Y LA PRODUCTIVIDAD

| N° | VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES                                   | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Six sigma</b>                              | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1: Capacidad del proceso                                    |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 1  | $C_p = ES - EI / 6\sigma$   | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2: Nivel sigma  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 2  | $DPMO = DPO \times 1000000$   | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | <b>VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad</b>                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1: Productividad de materia prima                           |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 3  | Producción de cajas de banano/Kg de materia prima                     | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2: Productividad de mano de obra                            | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 4  | Producción de cajas de banano/horas hombre                            | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 3: Productividad total                                      | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 5  | Utilidad por sol invertido en recurso de mano de obra y materia prima | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

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

Apellidos y nombres del juez validador (3). Mg: Luz Angelita Moncada Vergara

DNI: 18110664

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial- Gerencia de operaciones

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>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

29 de junio 2020

CIP 52199

Firma del Experto Informante



**Anexo 19: Confiabilidad del instrumento del cuestionario.**

| CONFIABILIDAD DEL CUESTIONARIO |  |      |      |      |      |      |      | versión: 001 |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|--------------|
| N° de trabajadores             | ITEMS  |      |      |      |      |      |      | Suma         |
|                                | 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |              |
| 1                              | 1  | 2    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1    | 9            |
| 2                              | 1  | 2    | 3    | 2    | 3    | 4    | 2    | 17           |
| 3                              | 2  | 2    | 4    | 3    | 3    | 5    | 3    | 22           |
| 4                              | 1  | 2    | 4    | 2    | 2    | 5    | 3    | 19           |
| 5                              | 2  | 2    | 5    | 1    | 3    | 4    | 2    | 19           |
| 6                              | 2  | 4    | 3    | 3    | 3    | 4    | 3    | 22           |
| 7                              | 1  | 2    | 4    | 2    | 1    | 5    | 2    | 17           |
| 8                              | 2  | 3    | 4    | 3    | 3    | 4    | 3    | 22           |
| 9                              | 1  | 4    | 5    | 3    | 2    | 5    | 2    | 22           |
| 10                             | 1  | 2    | 3    | 1    | 1    | 3    | 1    | 12           |
| Varianza                       | 0.27   | 0.72 | 1.38 | 0.77 | 0.84 | 0.99 | 0.62 |              |
| ∑S2=                           | 5.59   |      |      |      |      |      |      |              |
| St2=                           | 20.54  |      |      |      |      |      |      |              |
| K=                             | 7  |      |      |      |      |      |      |              |
| <b>CONFIABILIDAD</b>           | <b>0.85</b>  |      |      |      |      |      |      |              |
| valor:                         | Muy buena  |      |      |      |      |      |      |              |
|                                | <p>Donde,<br/>                     k = El número de ítems<br/>                     ∑ s<sup>2</sup> = Sumatoria de varianzas de los ítems.<br/>                     sT<sup>2</sup> = Varianza de la suma de los ítems.<br/>                     α = Coeficiente de alfa de Cronbach</p> |      |      |      |      |      |      |              |

Fuente: Elaboración propia