



**LINEAMIENTOS OPERATIVOS PARA LA REDUCCIÓN DE PESOS EN LOS
ZUMOS DE FUTAS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA-DMAIC EN LA
COMPAÑÍA ALIMENTOS SAS.**

Jaime Andrés Figueroa Arango

Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Remington

Programa académico

**ESPECIALIZACIÓN EN MEJORAMIENTO CONTINUO Y DIRECCIÓN DE
OPERACIONES**

Tutor: MSc, David Alonso Hernández López

Bogotá D,C.

2023

Tabla de contenido

Glosario.....	4
Resumen.....	5
Abstrac	7
Listado de figuras.....	9
Listado de tablas	10
Introducción	11
Capítulo I Naturaleza del trabajo	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Justificación.....	13
1.3 Antecedentes	15
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
Capítulo II Marco Referencial	18
2.1 Marco Conceptual	18
2.2 Marco Teórico.....	25
2.3 Marco Contextual.....	31
Capítulo III Metodología	32

3.1 Metodología SIX SIGMA - DMAIC	33
3.2 Pasos metodológicos	35
3.3 Selección de la metodología.....	36
Capítulo IV Resultados	38
4.1 Análisis de Variabilidad de los pesos y los cofactores asociados en los zumos de fruta	Error! Bookmark not defined.
4.2 Cálculo demostrativo de todas las variables medidas en el proceso	39
4.3 Identificación de los componentes del modelo SIX SIGMA para reducir la variabilidad de los pesos	57
Capítulo V Conclusiones	59
Capítulo VI Bibliografía	Error! Bookmark not defined.

Glosario

Zumo: 1. m. Líquido de las hierbas, flores, frutas u otras cosas semejantes, que se saca exprimiéndolas o majándolas. 2. m. jugo (|| parte provechosa, útil y sustancial)

Variabilidad: 1. f. Cualidad de variable. 1. f. Cualidad de variable. 2. adj. Inestable, inconstante y mudable. f. Mat. Magnitud que puede tener un valor cualquiera de los comprendidos en un conjunto.

Reproceso: Someter por más de una vez datos o materiales a una serie de operaciones programadas.

Densidad: f. Fís. Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³).

Polietileno: m. Quím. Polímero preparado a partir de etileno, que se emplea en la fabricación de envases, tuberías, recubrimientos de cables, etc.

Viscosidad: f. Fís. Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

Cpk: Índice que compara el estado actual del proceso con las tolerancias. Tiene en cuenta la media del proceso, la variabilidad y las especificaciones. (Cárdenas, 2021)

Cp: Índice de Capacidad de proceso: Una medición de la habilidad de un proceso en lograr resultados consistentes. Es la razón entre la dispersión permitida y la actual del proceso. (Cárdenas, 2021)

Resumen

En el presente trabajo se pretende abordar los lineamientos operativos para la reducción de pesos en los zumos de futas de la compañía Alimentos SAS a través de la metodología SIX SIGMA-DMAIC. Se realizará un estudio de la problemática actual de la empresa y las implicaciones que tiene la variabilidad de los pesos, contextualizando la empresa y su razón de ser. Asimismo, se estimarán las pérdidas anuales que presenta la compañía. Se expondrán varios métodos de estudio con los que podría ser posible abordar la problemática planteada y se demostrará el método de estudio seleccionado corresponde al modelo SIX SIGMA-DMAIC, analizando su pertinencia y los casos de aplicación dentro de la industria de alimentos, segmentando el sector para una mayor asimilación y apropiación de los conceptos.

Una vez abordados los temas anteriormente descritos se planteará la metodología indicada. Se expondrán ampliamente los resultados a partir de la toma de más de cien mil datos obtenidos experimentalmente en la planta de producción de Alimentos SAS para tres zumos de frutas que abarcan el punto más bajo, medio y el más alto de viscosidad entre todas las pulpas de frutas que se procesan a partir de un desarrollo estadístico. Por último, se expondrán las conclusiones del estudio, así como las referencias bibliográficas que sustentan la investigación y el desarrollo de la misma.

En el capítulo 1 se hará una descripción de la empresa, y la problemática actual. Asimismo, se describirá el planteamiento del problema y las variables que se estiman, influyen en este. Se presentarán los productos que fabrican -en la empresa, los antecedentes en diversos casos de la industria donde se ha empleado satisfactoriamente el modelo SIX SIGMA -DIMAIC para reducir la variabilidad y las razones por las cuales se justifica la realización de este trabajo. Se desarrollarán los objetivos del estudio y las posibles fuentes que ocasionan la variabilidad de los pesos. En adición, se reportará el impacto económico del proyecto.

En el capítulo 2 se dará el marco referencial de la empresa, subdivido entre el marco conceptual, donde se analizará la pertinencia de la herramienta para lograr la reducción de la variabilidad de los pesos, se evaluarán casos de estudio de la herramienta en la industria de

alimentos y el éxito que representa su aplicación. Se desarrollará el resumen del proyecto y las pérdidas presentadas por la compañía debido a la variabilidad de los pesos. Se evaluará el modelo de Control estadístico de procesos Multivariado CSPM, El Control Estadístico de Procesos SPC y la metodología SIX SIGMA DIMAIC para afrontar la variabilidad de los pesos, exponiendo las razones por las cuales se seleccionó esta última mediante un análisis del problema y los resultados de la evaluación de la metodología. De igual modo, se expondrán las hipótesis planteadas y finalmente se desarrollará el marco contextual para situar a la empresa dentro de la investigación, objeto de trabajo, mercado y sus participación, desarrollo tecnológico y capacidad instalada.

En el capítulo 3 se desarrollará la metodología de estudio bajo el modelo SIX SIGMA DIMAIC, los pasos metodológicos que sigue y el resultado de su selección.

En el capítulo 4 se presentarán los resultados del estudio. Se comparte el cálculo demostrativo de todas las variables analizadas dentro del proceso. Se evaluarán tres producciones para cada uno de los zumos objeto de estudio, maracuyá, mora y mango para determinar la variabilidad de los pesos, así como su porcentaje de variación en cada una de las variables evaluadas. Se identificarán los componentes del modelo que permiten reducir la variabilidad.

En el capítulo 5 se realizarán las conclusiones pertinentes delineando lo alcanzado durante el desarrollo del proyecto y las recomendaciones realizadas para garantizar el éxito durante su implementación y sostenimiento en el tiempo

Por último, en el capítulo 6, se referirá a la bibliografía utilizada como soporte para la realización del proyecto.

Palabras claves: SIX SIGMA, DIMAIC, mejoramiento continuo, variabilidad, viscosidad, pesos.

Abstract

In the present work, the operational guidelines for weight reduction in fruit juices at Alimentos SAS company will be addressed using the Six Sigma-DMAIC methodology. A study of the current issues faced by the company and the implications of weight variability will be conducted, providing contextual information about the company and its purpose. Additionally, the annual losses incurred by the company will be estimated. Various study methods that could potentially address the identified issues will be presented, demonstrating that the selected method is the Six Sigma DMAIC model. Its relevance and application cases within the food industry will be analyzed, segmenting the sector for better understanding and assimilation of the concepts.

Once the topics are addressed, the indicated methodology will be proposed. Extensive results will be presented based on the analysis of over one hundred thousand experimentally obtained data points from Alimentos SAS production plant for three fruit juices representing the lowest, medium, and highest viscosity among all fruit pulps processed through statistical development. Finally, the study conclusions, as well as the bibliographic references supporting the research and its development, will be presented.

Chapter 1 will provide a description of the company and its current issues. The problem statement and the variables influencing it will be outlined. The company's products and previous successful applications of the SIX SIGMA-DMAIC model in various industry cases will be discussed, justifying the need for this work. The study objectives and potential sources of weight variability will be explored, along with reporting the project's economic impact.

Chapter 2 will provide the company's referential framework, divided into the conceptual framework, where the relevance of the tool for reducing weight variability will be analyzed. Case studies of the tool's application in the food industry and its successful outcomes will be evaluated. A summary of the project and the losses incurred by the company due to weight variability will be presented. The Multivariate Statistical Process Control CSPM model, Statistical Process Control SPC, and the Six Sigma DMAIC methodology will be evaluated to address weight variability, explaining the reasons for selecting the latter through problem analysis and evaluation results. Hypotheses will be proposed, and a contextual framework will be developed to situate the

company within the research, focusing on its work, market, technological development, and installed capacity.

Chapter 3 will delve into the study methodology following the SIX SIGMA- DMAIC model, outlining the methodological steps and the outcome of its selection.

Chapter 4 will present the study results, including the demonstrative calculation of all variables analyzed within the process. Three productions of each studied juice—passion fruit, blackberry, and mango—will be evaluated to determine weight variability and the percentage of variation in each evaluated variable. The components of the model enabling variability reduction will be identified.

Chapter 5 will provide relevant conclusions, outlining the achievements during the project's development and recommendations for ensuring success during implementation and sustainability over time.

Finally, Chapter 6 will refer to the bibliography used to support the project.

Keywords: SIX SIGMA, DMAIC, continuous improvement, variability, viscosity, weights.

Listado de figuras

Figura 1. Variabilidad de pesos en kilo larga vida Maracuyá. (Fuente propia).....	177
Figura 3. Capacidad tres sigma (Sigma.com, 2018)	20
Figura 4. Capacidad SIX SIGMA (Sigma.com, 2018)	20
Figura 2. Ubicación de Alimentos SAS.SAS.....	31
Figura 5. Distribución normal e histograma producción N°1 Kilo larga vida Maracuyá (Fuente propia, 2021)	444
Figura 6. Distribución normal e histograma producción N°2 Maracuyá larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	455
Figura 7. Distribución normal e histograma producción N°3 Maracuyá larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	466
Figura 8. Distribución normal e histograma producción N°1 Kilo larga vida Mora (Fuente propia, 2021)	477
Figura 9. Distribución normal e histograma producción N°2 Mora larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	488
Figura 10. Distribución normal e histograma producción N°2 Mora larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	499
Figura 11. Distribución normal e histograma producción N°1 Mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	50
Figura 12. Distribución normal e histograma producción N°2 Mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	511
Figura 13. Distribución normal e histograma producción N°3 Mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)	522

Listado de tablas

Tabla 1. Comparación de calidad (Villa, 2015).....	211
Tabla 2.Fases de la metodología SIX SIGMA (Cruz, 2008)	233
Tabla 3.Fases de la metodología SIX SIGMA (Cruz, 2008)	34
Tabla 4.Evaluación de la metodología (Fuente propia, 2021)	377
Tabla 5.Categorial SIX SIGMA (Cárdenas, 2021).....	388
Tabla 6.Categorías de C p (Salazar, 2019)	Error! Bookmark not defined. 9
Tabla 7.Análisis de datos para las tres producciones de maracuyá kilo larga vida (Fuente propia)	533
Tabla 8.Análisis de datos para las tres producciones de mora kilo larga vida (Fuente propia)..	555
Tabla 9.Comparativo para las producciones de mango larga vida kilo	56

Introducción

Alimentos SAS es una empresa colombiana ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. dedicada a la producción y el envasado de zumos de fruta cuya venta se realiza a nivel global con una participación en el mercado internacional del 65% y un 35% obedece al mercado Nacional. En el envasado de los zumos de fruta se presenta una variabilidad en los pesos tanto por encima como por debajo del valor declarado. Las unidades de bajo peso deben ser rechazadas debido a que no cumplen el valor pactado con el cliente y puede ser fuertemente sancionado por las autoridades locales e internacionales. En Colombia, los pesos están reglamentados por la Superintendencia de Industria y Comercio en la Resolución No 60447 del 17 de octubre de 2013, donde se imponen sanciones por su incumplimiento con multas que oscilan entre los 20 y los 100 salarios mínimos mensuales legales vigentes. Estas unidades, deben ser reprocesadas lo que implica la pérdida de la mano de obra, el material de empaque y aproximadamente el 1% de la pulpa de fruta que se queda impregnado en la bolsa. De otro modo, las unidades que presentan un excedente de pulpa, por encima de los límites de control de proceso, representan una pérdida para la compañía, ya que el sobrepeso no se puede transferir al cliente. Estas pérdidas oscilan entre el 1% al 3%, siendo considerable si estimamos una producción mensual de 600 toneladas de producto terminado en promedio.

El presente trabajo pretende proponer una herramienta metodológica y teórica que permita contribuir a reducir la variación de pesos en la envasadora de zumo de fruta denominada elecster. La herramienta seleccionada, fue SIX SIGMA – DMAIC dado su alta efectividad y reputación en el mundo empresarial internacional lo que se desprende de las muchas referencias exitosas que se pueden encontrar hoy ampliamente documentadas (Rosero & Orejuela, 2013).

Capítulo 1 Naturaleza del trabajo

1.1 Planteamiento del problema

Alimentos SAS dentro de sus procesos de envasado de los zumos de fruto en diversas presentaciones, dentro de ellas, kilo larga vida, presenta pérdidas económicas debido a que el peso varía tanto por encima como por debajo de la unidad declarada. La variabilidad por encima presenta un excedente de pulpa no monetizado. Por debajo, representa una pérdida económica ya que es obligatorio reprocesar el producto según la legislación colombiana, perdiendo el material de empaque, la mano de obra, un porcentaje de la pulpa, el proceso térmico y el desgaste de la maquinaria, especialmente, en sus consumibles. La variabilidad de los pesos en los últimos dos años ha representado anualmente una pérdida promedio de 135 millones de pesos debido al sobrepeso y las pérdidas por reproceso se estiman en 45 millones de pesos. De igual modo, la variabilidad de los pesos limita la capacidad del proceso. Si se producen unidades por fuera de los límites de especificación, se obliga a pesar todas las unidades fabricadas, dado que se debe cumplir con el peso neto según la ley establecida por la superintendencia. Para pesar todas las unidades se requiere la implementación de sistemas sofisticados automatizados, o bien, dedicar un operario para que realice este control.

El cumplimiento del peso neto que se declara en los empaques corresponde a una obligación legal establecida por la Superintendencia y Comercio en la Resolución No 60447 del 17 de octubre de 2013 donde se reglamentan los pesos y medidas de los productos, y se imponen sanciones para su incumplimiento con multas que oscilan entre los 20 y los 100 salarios mínimos mensuales legales vigentes.

El problema de variabilidad de los pesos que se ha identificado en el periodo citado se ha atribuido a la máquina envasadora. Así mismo, se presume que las condiciones de la materia prima, como el tamaño de partícula, su viscosidad y densidad, influyen la variación de los pesos y la imposibilidad de estandarizar los parámetros de la máquina. Por último, se estima que puede haber un problema con la operación de la máquina por parte del operario, lo que genera dicha variabilidad, lo que arroja tres posibles fuentes que ocasionan el problema sin llegar a una respuesta concluyente: Mano de Obra, maquinaria y Materia prima.

Problema de maquinaria: La compañía ha hecho hincapié al equipo de mantenimiento para que realice un mayor ajuste de las variables de la máquina, así como la continua calibración del mismo.

Problema de materia prima: Con el fin de garantizar los pesos se ha optado por reducir el tamaño de partícula de los zumos de fruta y realizar la homogenización de los zumos antes de pasarlos por la máquina envasadora. Se busca con esto garantizar que todas las partículas tengan la misma consistencia y peso y así evitar nodos más “pesados” que puedan causar la variabilidad.

Problema de Mano de obra: Debido a que se han obtenido diferentes resultados con el mismo producto, se ha optado por dejar únicamente a dos operarios que operan la máquina ya que han sido los dos que generan menos variabilidad en el proceso. No obstante, no se cuenta con una tendencia específica y se tienen tanto resultados similares como dispares.

Por último, si bien las tres variables analizadas abarcan el 80% de las problemáticas que pueden conllevar a la variabilidad, no existe un método claro, secuencial y definido para medirla. Asimismo, las mediciones actuales si bien evalúan los datos no lo realizan bajo el rigor de la estadística y las probabilidades. Las desviaciones del proceso se reportan, pero no existe un programa de mejora y control.

¿Permitirá la estandarización del proceso la reducción de la variabilidad tanto en los métodos de trabajo como en el análisis y medición de la información?

1.2 Justificación

Toda compañía tiene como objetivo generar rentabilidad a través del aumento de sus ventas, disminuyendo los costos de producción o atacando las pérdidas que pueda presentar. (Moncayo & Astudillo, 2011).

La reducción de las pérdidas asociadas a los sobrepesos y/o los reprocesos en los que incurre Alimentos SAS debido a la variabilidad tan amplia de los pesos busca mejorar la rentabilidad de la compañía. De la diversa gama de presentaciones que se producen, 200 kg, 20 kg, 18.14 kg, 5 kg, 2 kg, 1,5 kg, 1 kg, 397 g, 250 g, 230 g, 200 g y 100 g, el alcance de estudio se centrará en la variabilidad de los pesos de 1 kg los cuales son producidos a través de una máquina envasadora de producto aséptico denominada elecster la cual es comúnmente empleada en la empresa lechera.

No obstante, la metodología empleada es aplicable a cada una de las máquinas donde se producen las diversas presentaciones, entre ellas se cuenta: un esterilizador tubular, dos envasadoras de 100 g, dos volumétricas y una llenadora de botellas. Se decidió por esta máquina ya que cuenta con la posibilidad de realizar el conteo automático de las unidades producidas, así como la posibilidad de obtener sus datos en tiempo real a diferencia de las otras máquinas empacadoras. Asimismo, el producto obtenido a través de esta máquina denominado larga vida por un kilogramo, representa en unidades el mayor número, de allí su relevancia en el presente estudio. La reducción de la variabilidad de los pesos de esta referencia contribuirá a la mejora de la rentabilidad de la compañía. Esto se logra gracias a la reducción del desperdicio del polietileno, el cual se pierde una vez la unidad se produce y debe ser destruida (\$182 pesos/un), la pulpa de fruta que queda impregnada en las bolsas (\$35 pesos promedio/un), el costo energético y de mano de obra (\$40 pesos/un), así como la pérdida de disponibilidad de la maquinaria, el posible incumplimiento al cliente así como el incumplimiento de la legislación colombiana.

Entre las diversas metodologías que se pueden aplicar para conseguir el objetivo, SIX SIGMA-DMAIC es una metodología y/o herramienta de mejoramiento disciplinada y rigurosa, que se adapta a las condiciones de Alimentos SAS y se encuentra orientada a identificar y eliminar las fuentes de variación, generando de esta forma rentabilidad, crecimiento y procesos más robustos en las compañías; a través de la aplicación de herramienta cualitativas, analíticas y estadísticas.

El modelo SIX SIGMA, ha impactado múltiples empresas y ha sido ampliamente documentado a través de trabajos de investigación, hallándose trabajos específicos en el sector de alimentos. El modelo es concluyente en sus resultados, lo que ha permitido disminuir la

variabilidad de los pesos, la disminución de unidades rechazadas, y una mayor rentabilidad para las compañías. A través de esta herramienta, las compañías han podido identificar las causas raíz en la variabilidad de los pesos, logrando el objetivo propuesto. (Rosero & Orejuela, 2013)

1.3 Antecedentes

El modelo SIX SIGMA-DIMAIC se ha aplicado con éxito en diversas compañías de alimentos. Entre los diversos trabajos citamos los siguientes:

- a. **Implementación de SIX SIGMA en la línea de producción de queso mozzarella en la Compañía Del Campo Ltda.**, localizada en la ciudad de Zamorano, Honduras para el año 2005. La variabilidad de los pesos, fue estimado como uno de los cofactores por los cuales los clientes percibían el queso Mozzarella de baja calidad. Se logró un nivel SIX SIGMA de 2,54, representado una reducción de defectos del 50% frente al escenario inicial encontrado en la compañía. (Santamaría, 2005)
- b. **Aplicación de SIX SIGMA para la reducción de rechazos de entrega de producto terminado de una empresa multinacional de alimentos**, localizado en la ciudad de Buenos Aires, Argentina para el año 2012. Entre los resultados de este estudio, se logró una reducción en los rechazos de los productos, redundando en un beneficio económico y en la generación de una valiosa herramienta extensible a diversas líneas de proceso. (Canónico, 2012)
- c. **Aplicación de la metodología SIX SIGMA para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado.** SIX SIGMA es una metodología rigurosa orientada a identificar y eliminar las fuentes de variación. A través de la aplicación de herramientas cualitativas y analíticas SIX SIGMA logra además de ahorros, procesos más robustos aunque complejos. La metodología DMAIC tiene como fin último la reducción de la variación en los procesos, a través de la identificación y posterior control de las variables críticas de calidad. Esto a través del conocimiento obtenido de las relaciones causales entre las variables de entrada identificadas y las variables de salida definidas como métricos del proyecto. La aplicación ambas metodologías permitieron hallar las causas más relevantes que influían en la variabilidad de los pesos y por ende, establecer un control sobre las mismas reduciendo la variabilidad, traducido en el incumplimiento del

peso mínimo declarado así como los sobrecostos asociados a los sobrepesos. (Buestan, 2013)

- d. **Metodología SIX SIGMA para mejorar la calidad en los procesos de la industria de alimentos. Revisión de la literatura científica**” Finalmente, este trabajo recopiló la bibliografía de 10 trabajos científicos que contribuyeron a la mejora de sus procesos mediante la aplicación del modelo SIX SIGMA, la pregunta que se hacían era la siguiente ¿Cómo, mediante la aplicación de la metodología SIX SIGMA podemos mejorar la calidad de los procesos en la industria alimentaria? Es concluyente en afirmar el aporte significativo de la aplicación del modelo en la industria, permitiendo redefinir los límites de control y proceso, la toma de decisiones de manera acertada, mejorar la rentabilidad, reducir los costos de sobrellenado, encontrar puntos críticos susceptibles de mejora, satisfacer al cliente en un mundo cada vez más competitivo, maximizar la eficiencia de los procesos, identificar las pérdidas de la empresa, reducir los costos por concepto de defectos. (Muñoz, 2019).

En la siguiente gráfica se puede apreciar la variabilidad que presentan los pesos en una de las referencias de kilogramo larga vida para el caso de estudio. Obsérvese que cuenta con datos por encima del peso establecido, desviándose hacia la derecha. Este valor es corroborado por la magnitud del C_{pk} . El C_p , los cuales indican que el proceso no está controlado y representa pérdidas económicas.

Este tipo de desviación, asociado a los valores de las capacidades de proceso podrían a su vez indicar que los límites de control no son los adecuados y que la maquinaria con la que se cuenta podría no permite el ajuste a los valores que se desea llegar. Por lo tanto, se haría necesario modificarlos, pero a su vez, conllevando a estimar dicho sobrepeso dentro del costo de producción como una variable de más conocida, dejando de ser pérdida.

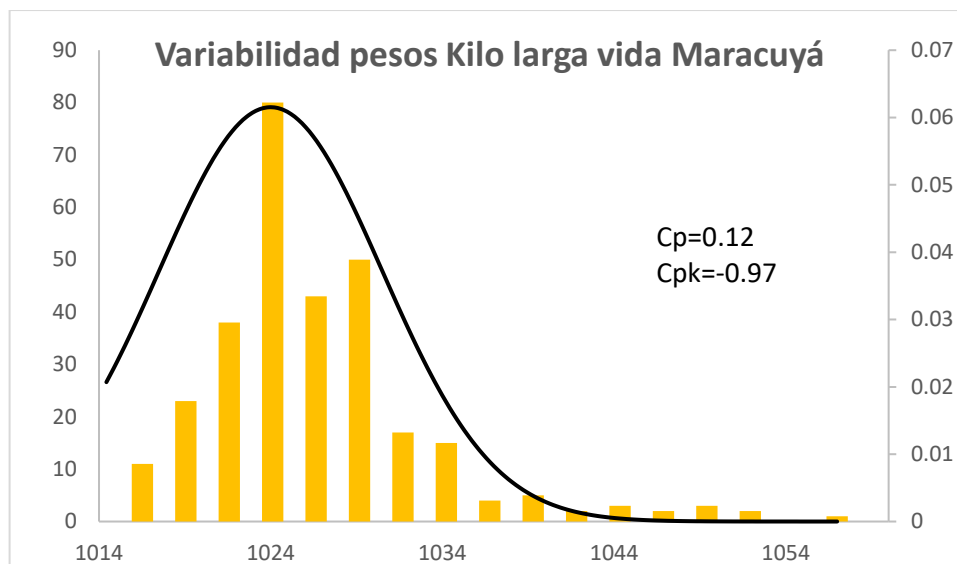


Figura 1. Variabilidad de pesos en kilo larga vida Maracuyá. (Fuente propia)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Proponer los lineamientos operativos para la reducción de pesos en los zumos de frutas a través de la metodología SIX SIGMA-DMAIC en la compañía de Alimentos SAS

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar la variabilidad de pesos y los cofactores asociados en los zumos de fruta en la empresa de Alimentos SAS.
2. Determinar el porcentaje de variabilidad en los zumos de fruta larga vida de alimentos SAS
3. Identificar los componentes del modelo SIX SIGMA-DMAIC para reducir la variabilidad de los pesos en los zumos de fruta de Alimentos SAS

Capítulo 2 Marco Referencial

2.1 Marco Conceptual

A finales de 1970, la compañía Motorola inicia un proceso de experimentación con la solución de sus problemas, a través del análisis estadístico. Para ello emplearon una aproximación al modelo SIX SIGMA en los años 80, con lo que lograron uno de sus mejores objetivos corporativos de mejoramiento de la calidad. (Nestro, 2018).

El ingeniero Bill Smith, nacido en Brooklyn, Nueva York, y graduado en la U.S. Naval Academy (Academia Naval de los Estados Unidos) en 1952, estudió en la Escuela de Negocios de la Universidad de Minnesota. En 1987, tras trabajar durante 35 años como ingeniero y controlador de calidad, se unió a Motorola, con el cargo de vicepresidente y administrador senior de control de calidad en el Land Mobile Products Sect. (Placeholder1). Asimismo, es conocido con el padre de SIX SIGMA y ha sido ampliamente acreditado, reconociendo los procesos con base a su media, es decir que, si el proceso no está centrado entonces, no se puede mantener exactamente en el valor esperado. El doctor Mikel Harry, fue el responsable de la estrategia de implementación del modelo SIX SIGMA y el desarrollo de sus pasos, siendo implementado por Motorola en 1990. El doctor Harry fundó y dirigió el instituto de Investigación de SIX SIGMA para Motorola. Motorola entonces planteó un proyecto ambicioso que cumplía con los requerimientos del cliente y alcanzó un ambicioso objetivo, un objetivo cerca de la perfección de la calidad SIX SIGMA y en los productos fabricados. Esto significó entonces la clave para que la tasa de los defectos de producción para cada componente, fuesen no más de 3.4 partes por millón. A finales de 1980, el proceso ayudó a la compañía a alcanzar un enorme mejoramiento en la calidad, por ejemplo, mejoró en 10 veces la calidad en dos años y 100 veces en cuatro años. Dos años después, establecieron el camino SIX SIGMA, recibiendo un el prestigio premio nacional Malcolm Baldrige award for Bussiness Excellence en 1998. En diez años, entre 1987 y 1997 la compañía incrementó sus ventas cinco veces, ahorrando 14 billones gracias a los proyectos de SIX SIGMA, y vio como sus precios incrementaron. Todo esto conllevó a Motorola a estar por encima de sus competidores y diversas compañías, y que estas siguieran el modelo SIX SIGMA reportando enormes éxitos.

Dos de las compañías más importantes que tomaron su modelo fueron General Electric, Allied signal y Honeywell.

SIX SIGMA

Puede comprenderse como una ecuación, y es función de x , donde y representa los parámetros que son críticos para la calidad. Por lo tanto, e indica las expectativas que tiene el cliente, y x , las variables que pueden influenciar nuestra calidad y . Se busca entonces establecer una función e igual a los parámetros claves que la influyen, conocidos como los parámetros esenciales que pueden mejorar nuestro proceso. SIX SIGMA es un sistema comprensivo y flexible, que permite sostener y maximizar el éxito de un negocio, implicando conocer muy bien las necesidades del cliente, lo que demanda la correcta recolección de los datos y los hechos para el análisis estadístico, mejoramiento y reingeniería de la operación, así como el proceso de la compañía dado que nos permite reducir los costos, mejorar la productividad, crecer en el mercado cada vez más competitivo, reducir los tiempos y los defectos y cambiar la cultura de la calidad. (Alvarado, 2010)

¿Qué significa entonces tener 3,4 partes por millón? Este es el objetivo de SIX SIGMA

Definición de Metodología SIX SIGMA

SIX SIGMA es un método empleado para reducir la variación de los procesos a través de la aplicación de herramientas estadísticas y el análisis detallado de las variables asociadas al proceso que afectan de forma directa o indirecta la variabilidad (Windsor, 2007).

Esta metodología conlleva al cumplimiento de las especificaciones de un proceso, a través de la mejora continua tanto de los procesos como los productos, soportada en la aplicación de las herramientas adecuadas, minimizando los defectos y a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente. Desde esta perspectiva, SIX SIGMA representa una filosofía de trabajo. (Valderrey, 2011)

Origen

La filosofía SIX SIGMA se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, esta filosofía ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: G.E., Allied Signal, Sony, FedEx, NASA, Lockheed, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, entre otras.

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas y de calidad para reducir la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

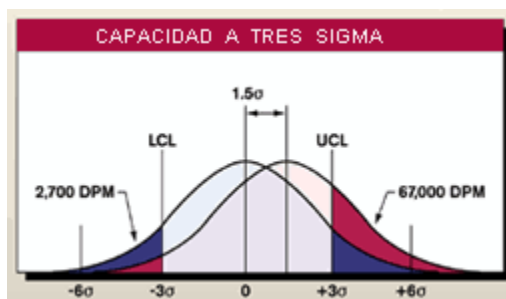


Figura 2. Capacidad tres sigma (Sigma.com, 2018)

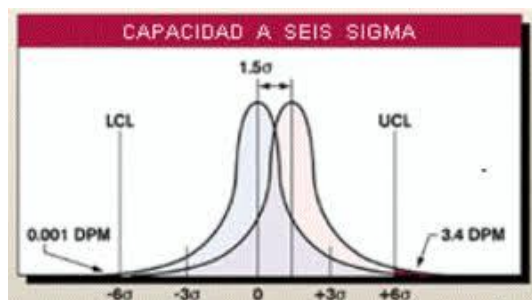


Figura 3. Capacidad SIX SIGMA (Sigma.com, 2018)

Un proceso con una curva de capacidad afinada para seis (6) sigma, es capaz de producir con un mínimo de hasta 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997 % Fig. 2; este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero-defectos. (Nieto, 2014)

Calidad Tradicional Vs. SIX SIGMA

“¿Qué hace diferente a SIX SIGMA de la Calidad Tradicional? ¿No están soportadas por prácticamente las mismas herramientas y métodos conocidos por los practicantes de la Calidad Total, TQM, etc.? Las diferencias residen en la forma de aplicar estas herramientas y su integración con los propósitos y objetivos de la organización, como un todo. La integración y participación de todos los niveles y funciones dentro de la organización es factor clave, respaldado por un sólido compromiso por parte de la alta Gerencia y una actitud proactiva, organizada y sistemática en busca de la satisfacción tanto de las necesidades y objetivos de los clientes, como de las necesidades y objetivos de la propia organización.” (OROZCO, 2004)

Tabla 1

Comparación de calidad (Villa, 2015)

CALIDAD TRADICIONAL	SIX SIGMA
Está centralizada	Está descentralizada
Estructura es rígida	Estructura constituida para la detección y solución de los problemas
Enfoque reactivo	Enfoque es proactivo
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de problemas

<p>No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora.</p> <p>Su uso es localizado y aislado.</p>	<p>Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.</p>
<p>La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.</p>	<p>La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos: "Sólo en Dios creo, los demás traigan datos".</p>
<p>Se aplican remedios provisionales o parches.</p> <p>Sólo se corrige en vez de prevenir.</p>	<p>Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.</p>
<p>No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.</p>	<p>Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.</p>
<p>Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post-Mortem.</p>	<p>Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.</p>

Implementación de la metodología SIX SIGMA

Es importante iniciar aclarando que la herramienta de la metodología SIX SIGMA, enfocada en la mejora incremental de procesos existentes, utiliza su ciclo definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC), el cual ha sido aceptado como estándar de la industria de forma universal; los pasos de esta metodología para la reducción de la variación en los procesos se muestran a detalle a continuación:

Tabla 2

Fases de la metodología SIX SIGMA:(Cruz, 2008)

Item	Preguntas clave	Objetivos
<p>Definir: El equipo identifica las características críticas de calidad (CTQ) que tienen el mayor impacto en la calidad. Separando las pocas vitales de las muchas triviales. Además, crea un mapa del proceso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se desarrolla el proceso? • ¿Cuáles son los pasos? ¿Tiene información del proceso? • ¿Qué tipo de información tiene? 	<p>Identificar o validar las áreas de oportunidades. Definir requerimientos críticos para el proceso. Graficar el proceso. Definir los datos que se deben tomar.</p>
<p>Medir: Creación y validación del sistema de medición, habilidad de tomar datos, impactos en CTQ's de las entradas con respecto a los procesos. Determinar la capacidad del proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades de la empresa? • ¿Por qué son esos los parámetros? • ¿Cómo obtiene la información? • ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición? 	<p>Desarrollo de un plan de medición. Recolección de datos. Información y muestra suficiente.</p>
<p>Analizar: A través del análisis, el equipo puede determinar las causas del problema que necesitan mejorar, entender la separación que existe entre el desempeño real y el deseado e identificar las fuentes de variación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las especificaciones para sus parámetros de medición? ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? • ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso? • ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? Muestre cuáles y qué son • ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no? 	<p>Estratificar datos. Análisis de gráficas. Identificación de fuentes de variación. Identificación de causas raíz. Establecer capacidad del proceso.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • De las fuentes de variación que controla ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas? 	
<p>Mejorar: Con frecuencia, la experimentación y la simulación crean las mejores soluciones de mejora. El equipo identifica lo que sucedería si las mejoras no se realizan o si el tiempo para tomar la acción es muy largo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué o quién dependen las fuentes de variación? ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas? • ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas? • ¿Interactúan las variables críticas? • ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso? 	<p>Generación de ideas de solución. Identificación y evaluación de la mejor solución. Determinar los impactos de cada propuesta de solución. Implementación de cambios. Manejo de la resistencia al cambio.</p>
<p>Control: Si los cambios fueron implementados satisfactoriamente, se debe de contar con herramientas que permitan asegurar que las variables clave permanezcan en los valores y términos sugeridos. Desarrollo de planes de reacción, materiales de entrenamiento para garantizar los ahorros del proyecto a largo plazo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué tanto se ha mejorado el proceso después de los cambios? • ¿Cómo hace que los cambios se mantengan? ¿Cómo monitorea los procesos? • ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios? • ¿Cómo lo está documentando? 	<p>Monitoreo de las mejoras. Asegurar que se tomen medidas correctivas. Seguimiento y Planes de control.</p>

Variación: La raíz de todos los males

Se percibe que la variación en los procesos constituye una de las fuentes principales de insatisfacción en los clientes y de altos costos para las empresas; sí se encuentra su causa raíz y se elimina, los clientes sentirán la diferencia y la empresa verá la mejora en sus KPI's (Indicadores

claves de desempeño por sus siglas en inglés) . No siempre se obtiene el mismo producto o servicio con el mismo nivel de conformidad a lo especificado y de forma consistente y repetitiva. (Villa, 2015).

La reducción de la variabilidad de los pesos, se puede afrontar desde diferentes metodologías encontrándose entre las principales: Control Estadístico de procesos Multivariado (CSPM), control estadístico de Procesos (CSP) y SIX SIGMA – DMAIC. A continuación, se abordan las tres metodologías mencionadas con el fin de observar y definir, cuál de las tres metodologías es la más adecuada a nuestro proceso, la que nos permite obtener el mejor resultado frente al objetivo propuesto: aumentar la rentabilidad a través de la reducción de la variabilidad de los pesos en los zumos de fruta de Alimentos SAS.

2.2 Marco Teórico

Control Estadístico de procesos Multivariado (CSPM)

El control de procesos en una situación univariante se realiza comúnmente mediante la supervisión de gráficas de control de ubicación y variabilidad. Debido a que se considera solo una variable, interpretar una señal es fácil de realizar. Sin embargo, en una situación multivariante, la interpretación de la señal se vuelve más complicada, ya que puede ser el resultado de la interacción entre varias variables.

Se ha establecido que cualquier procedimiento de CSPM debe cumplir con las siguientes cuatro condiciones:

- 2 Debe proporcionar una respuesta a la pregunta: "¿Está el proceso bajo control?"
- 3 Debe especificar la probabilidad global para el evento de diagnóstico de un estado fuera de control.
- 4 Debe tener en cuenta las relaciones entre las variables y atributos.

5 Debe ofrecer una respuesta a la pregunta: "¿Cuál es el problema si el proceso está fuera de control?"(Argumedo, 2017)

Se propuso entonces el uso de una gráfica de control multivariante basado en su estadístico T²-Hotelling asumiendo que la distribución de variables aleatorias es normal multivariante. El procedimiento de control multivariante basado en el estadístico T²-Hotelling posee las cuatro características establecidas que se mencionaron anteriormente.

Se ha señalado que en las aplicaciones de control de calidad multivariante se debe tener cuidado al seleccionar los límites de control para el estadístico T²- Hotelling, con base en la forma en que se esté usando la gráfica. Existen dos fases distintas en la utilización de las gráficas de control. La Fase I se dirige a la estimación de los parámetros del proceso y está conformada por dos etapas: la Etapa I consiste en el examen retrospectivo de la conducta de los subgrupos previamente definidos; la Etapa II se refiere al examen prospectivo de futuros subgrupos. La Fase II utiliza los valores especificados para los parámetros del proceso. El objetivo de la Fase I es determinar si el proceso está en control estadístico mediante el uso de gráficas de control y estimar los parámetros en control del proceso.

La dificultad se presenta en la posibilidad de que los estimadores de los parámetros estén afectados por causas especiales, posiblemente enmascarando su presencia. En la etapa prospectiva, las gráficas de control se usan para detectar desviaciones de los parámetros estadísticos estimados en la etapa precedente. Es muy importante distinguir entre el uso de una gráfica de control para determinar si un proceso ha estado o no en control estadístico (Fase I), y su uso prospectivo con muestras tomadas secuencialmente en el tiempo para detectar cambios de un proceso en el control. En la Fase I, el uso de las gráficas de control suele ser iterativo, mientras que en la Fase II, las gráficas se usan para probar si el proceso permanece en control cuando se extraen futuros subgrupos.

Existen extensiones multivariantes para todas las clases de gráficas de control univariante, tales como gráficas de control tipo Shewhart multivariante, gráficas de control de sumas acumuladas multivariante (CUSUM) y gráficas de control de promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA) multivariante. Además de ello, existen procedimientos únicos en la

construcción de las gráficas de control multivariante, basados en estadísticos multivariantes.” (Fermín, 2009)

Entender el CEPM y los conceptos de calidad y variación, tal como ellos se relacionan con procesos de manufactura, ahorra recursos mediante la reducción de desperdicios, retrabajos y otros rechazos. Involucrar a los gerentes de producción, supervisores, operadores y personal del departamento de calidad hace la aplicación de CEPM más efectiva. Sin embargo, las técnicas de CEPM no se utilizan frecuentemente en las plantas industriales, ya que existe una brecha entre los aspectos teóricos de CEP y la puesta en práctica de diversas técnicas, y por tanto el conocimiento de CEP teórico no se transfiere exitosamente al campo industrial. Esta brecha se puede reducir mediante un enfoque simple y claro que facilite la implementación de las técnicas de CEPM. En otras palabras, es necesario presentar las técnicas de CEPM en un formato de instrucción paso-a-paso que considere de manera conjunta, tanto el desarrollo del software de computación para apoyar al personal de la planta en la obtención de información de una gran cantidad de datos, como el uso de las herramientas gráficas.

Se desarrollan tres herramientas prácticas: el modelo del CEPM, el Diagnóstico del CEPM y el Control de Procesos. La primera es una instrucción general para que los ingenieros de calidad aprendan a seleccionar una técnica de CEP adecuada bajo diferentes circunstancias. La segunda es una herramienta complementaria que ayuda a los ingenieros de calidad a identificar la(s) variable(s) problemáticas, así como a reaccionar correctamente cuando ocurre un evento fuera de control. Finalmente, la tercera está conformada por herramientas adicionales para el análisis de problemas en los procesos de producción.

Control Estadístico de Procesos (CSP)

Los métodos de control estadísticos de procesos (SPC) son útiles tanto para medir la calidad actual de los productos o servicios, como para detectar si el proceso mismo ha cambiado en alguna forma que afecte la calidad

Uno de los objetivos del Control Estadístico de Procesos (SPC) es predecir un proceso en la línea de tiempo. Las gráficas son una de las herramientas más usadas, siendo habituales los gráficos de control ya que permiten diferenciar las causas especiales de la variación de las comunes. Una vez se han individualizado se procede a eliminar las especiales debido a que se entienden como atípicas al comportamiento natural del proceso, obteniendo, el estado de Proceso Bajo Control Estadístico. Lo que significa que es un proceso predecible y afectado únicamente por causas comunes (aleatorias) de variación según Carro (2012)

Los principios que rigen la Administración de La Calidad Total (TQM) contiene cinco características de la calidad enfocadas hacia el cliente: Las especificaciones deben ser conformes, el valor, el uso previsto y no previsto, los soportes y las impresiones psicológicas. Estos elementos han hecho que las compañías implementen sus principios buscando incorporar los conceptos del TQM a sus procesos a través de metodologías de mejoramiento continuo.

El mejoramiento de la calidad se enfoca en la vigilancia y el seguimiento continuo de todos los elementos que forman parte de la elaboración del producto evaluando cada una de las etapas del proceso o la prestación de servicios. Las especificaciones de los productos e insumos pueden ser evaluadas a través de las herramientas estadísticas de control con el fin de evaluar su grado de conformidad.

El control Estadístico de Procesos “(SPC; por sus siglas en inglés de Statistical Process Control)” consiste en la aplicación de técnicas de análisis estadístico con el fin de evaluar si los resultados de un proceso se ajustan al diseño de un producto o servicio. Dichas herramientas conocidas como gráficas de control se emplean en el SPC para identificar la fabricación de productos o servicios no conformes con las especificaciones de diseño o bien para indicar que el proceso presenta variabilidad y los productos o servicios se desviarán de lo establecido en un inicio a menos que se tomen medidas que busquen evitar dicha situación.

El SPC también se emplea con el fin de generar informes a las altas direcciones sobre las modificaciones que se introducen a los procesos o servicios que pueden contribuir de forma significativa a mejorarlo. Las modificaciones que pueden sufrir los procesos susceptibles de ser evaluados con el SPC se pueden visualizar según como sigue:

- Incremento de las unidades defectuosas
- Reducción del número de reclamaciones respecto a los servicios ofrecidos
- Bajas mediciones de forma sistemática en las dimensiones de una pieza
- Disminución de las unidades rechazadas en la producción de una máquina

Otro enfoque del TQM es el muestreo de Aceptación. Consiste en la aplicación de técnicas estadísticas para evaluar el grado de aceptación o rechazo de una pieza fabricada o un servicio ofrecido a partir de la inspección o prueba que se realiza en una muestra estadísticamente viable. Asimismo, pueden emplearse gráficas estadísticas y diagramas con el objetivo de “juzgar la calidad de los productos o servicios”. Se usa entonces técnicas CSP para comprender mejor el rol que desempeñan en la toma de decisiones, con el fin de analizar si un proceso está o no dentro de la variabilidad permitida o si por lo contrario está por fuera de los límites establecidos y que dichos fallos pueden ser atribuidos a un problema en específico.

No se generan dos servicios o bienes idénticos porque los procesos a través de los cuales se obtienen frecuentemente conllevan muchas fuentes de variación, incluso, aquellos cuyos procesos han sido estandarizados y se fabrican según las especificaciones del proceso.

Las gráficas de control se usan para determinar si las variaciones presentadas están o no por fuera de los límites de control. A través del tiempo se puede medir y analizar la variación lo que es conocido como gráficos de control. Estas tienen un valor nominal o línea central cuyo resultado es el deseado o buscado en el proceso. Un límite superior conocido como UCL (Upper Control Limit, por sus siglas en inglés) y uno inferior LCL (Lower control Limit) que acotan el control según la distribución de la muestra. Estos límites se emplean para evaluar si se hace necesaria alguna acción para corregir la variabilidad.

Las figuras 3 y 4 nos enseñan la relación de dichos acotamientos según la distribución de los datos de la muestra.

Una muestra que se ubica dentro de ambos límites indica que el proceso está controlado y que su variación obedece a causas comunes. No obstante, si se ubican por fuera, indican que el proceso está mostrando causas asignables de variación. No obstante, las variaciones por fuera de los límites no denotan necesariamente una mala calidad. Por ejemplo, si se estuvieran evaluando en número de facturas con errores que se generan, la causa atribuible no necesariamente puede obedecer a un defecto, sino que la desviación obedece a la implementación de una metodología de facturación precisamente con el fin de disminuir los errores. Si la proporción de los errores cae por debajo del LCL, es probable que el nuevo procedimiento hubiese sido una causa favorable y por lo tanto, será necesario construir un nuevo gráfico de control según Carro.

2.3 Marco Contextual



Figura 4. Ubicación de Alimentos SAS.SAS

Alimentos Sas S.A.S, es una empresa perteneciente al sector agroindustrial, dedicada al desarrollo, producción y comercialización de pulpas, néctares de fruta, congelados y asépticos de excelente calidad.

Fundada en 1981, Alimentos Sas es una compañía localizada en Bogotá D.C., Colombia, con más de 30 años en el mercado colombiano de alimentos procesados, con cubrimiento a nivel nacional en todas sus líneas, que comprenden principalmente derivados de frutas, como pulpas de fruta, néctares de fruta, néctares de fruta para diluir y jugos.

En el año 2012 se adquirió la máquina de llenado aséptico con el fin de cubrir las necesidades del mercado nacional e internacional, ofreciendo producto que no requiere congelación, siendo la primera empresa en envasar pulpa aséptica larga vida en empaque de alta barrera, tecnología a la fecha empleada en la industria láctea.

Las oficinas y la planta de producción están ubicadas en la Zona Industrial de Puente Aranda en Bogotá, en un área de 6.000 m², con una capacidad para procesar alrededor de 600 toneladas de fruta por mes. El equipo de colaboradores de SAS es de más de 100 personas, que

atienden la producción, comercialización, procesos administrativos y planeación de la empresa. Actualmente, los productos larga vida representan el 85% de la producción total y el 65% de los productos asépticos se destinan para el mercado internacional. Con base en esto, la reducción de la variabilidad de los pesos, cobra una alta relevancia para la empresa dado que la mayor parte de su producción obedece a los productos objeto de estudio (Alimentos SAS, 2021).

Capítulo 3 Metodología

La investigación es la base del desarrollo de la humanidad permitiendo comprender los fenómenos del universo y nuestra interacción con el mundo o bien dar una respuesta a una problemática específica o comprender un fenómeno, generar un producto innovador o modificar una o más variables que optimicen un resultado. La investigación implica el seguimiento estricto de una metodología específica, el planteamiento de las hipótesis de lo que pretendemos resolver o el resultado al que queremos llegar, a través de la recolección de los datos con una validez estadística. (Corporación Universitaria Uniremington, 2016)

La investigación nos conduce a crear un nuevo elemento o conocimiento, que nos permiten la generación de un resultado independientemente de su impacto, la comprensión de los fenómenos involucrados, y la observación de las diversas variables implícitas o explícitas con base en modelo propuesto

La investigación científica que se desarrollará en el presente trabajo, con el fin de poder explicar, interpretar y transformar la variabilidad de los pesos en los zumos de fruta, en Alimentos SAS, obedece a una **Investigación de tipo Cuantitativo**.

La investigación cuantitativa se basa en el estudio de la probabilidad, la medición profunda y controlada y la objetividad de los resultados basados en hechos plenamente demostrables, a diferencia de la cualitativa cuyo estudio se basa en la comprensión de los fenómenos, la deducción a partir de los datos y la subjetividad de dichas interpretaciones. Sus resultados no son extensibles a otras investigaciones y se contextualiza el fenómeno. Por lo contrario, la investigación cuantitativa objeto de este trabajo, es universal y aplicable a otros fenómenos, como lo son los

elementos investigados por otros autores los cuales forman parte de nuestra investigación dado su carácter de replicabilidad

Los instrumentos que empleará la siguiente investigación se basan en la recolección de datos, el análisis estadístico y el efecto que tienen las variables independientes como la viscosidad, densidad, tamaño de partícula sobre la variabilidad de los pesos.

El análisis de datos se realizará empleando métodos estadísticos como la media, la moda, la mediana, el promedio, la frecuencia, la desviación estándar entre otros, a través del uso de hojas de cálculo en Excel. Asimismo, se realiza la observación sistemática del control de la máquina con el fin de deducir los efectos que esta puede tener por parte del operario, como una de las variables a evaluar dentro del presente trabajo.

Los resultados serán tabulados y graficados, y posteriormente discutidos confrontándolos en parte con los presentados en la literatura. (Monje, 2011)

3.1 Metodología SIX SIGMA - DMAIC

La metodología SIX SIGMA -DMAIC por sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyse, Improve and Control), Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una metodología de cinco pasos de solución de problemas, para todas las organizaciones que pretenden ser organizaciones SIX SIGMA. El proceso del ciclo de mejoramiento, emplea una secuencia: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC). (Rodríguez, 2019)

Tabla 3.

Fases de la metodología SIX SIGMA (Cruz, 2008)

Definir
Significa identificar los requerimientos claves del cliente, que es a lo que llamamos, los parámetros críticos de calidad. Es necesario, establecer los objetivos del proyecto SIX SIGMA y conformar un equipo. Asimismo, la definición debe de ir acompañada de unos indicadores claves de desempeño KPI, por sus siglas en inglés, que nos permitan tener un mejor conocimiento de la situación.
Medir
Demanda tener el mapa del proceso que estamos estudiando. Requiere la recolección de los datos, determinar el desempeño actual del proceso y su capacidad. Se miden los parámetros que influyen la salida y, aquellos que se creó que impactan y se convierten en los parámetros críticos de calidad. Se definen unas métricas a seguir, ayudándonos a conocer la situación en la que se encuentra el problema que queremos resolver. Se deben medir dichos indicadores y establecer una ruta de seguimiento que permita más adelante poder analizar la situación y saber que podemos cumplir el objetivo Invalid source specified.
Analizar
Se requiere analizar todos los datos, asimismo se deben definir los datos más relevantes que influyen en nuestro desempeño. Estos son los parámetros claves que afectan nuestra calidad.
Mejorar
Se deben establecer las hipótesis que nos conlleven a mejorar, validar dichas hipótesis y desarrollar nuevas ideas que nos permitan atacar la causa raíz. Diseñar y llevar adelante un proceso experimental para optimizar el proceso y finalmente, establecer una solución para el mejoramiento del proceso.
Controlar
Se busca establecer un proceso de monitoreo que involucre los parámetros de mayor influencia, empleando un control estadístico o Statistic Process Control (SPC). Tras llevar a cabo estas acciones, debemos llevar un control sobre las mismas para asegurarnos de que se implementan correctamente y que los objetivos que nos habíamos marcado efectivamente se cumplen. En esta fase podemos comenzar el seguimiento de los métricos y gráficas de control, documentar procedimientos estándares de operación, crear planes de control del proceso, documentar la historia de las actividades implementadas y los obstáculos, la transición al dueño del proceso, hacer alto y revisar el desarrollo de la fase de control

La ruta de trabajo de SIX SIGMA y la estrategia de resolución del problema involucra el definir muy bien nuestra ecuación y, para nuestro objeto de estudio está dado por el peso neto declarado, la cual es función de nuestra variable x , (Materia prima, mano de obra y maquinaria). El objetivo consiste en mover nuestro valor y (el peso), desde el lado izquierdo hacia el lado derecho de la ecuación. El objetivo es obtener el conocimiento acerca del peso y los variables que la afectan. Nos movemos desde la caracterización del proceso, a la optimización del proceso para alcanzar los objetivos siguiendo la hoja de ruta trazada.

3.2 Pasos metodológicos

1. Caracterización del proyecto
2. Atender el requerimiento por parte del cliente.
3. Comprender las implicaciones de nuestro parámetro crítico de calidad (Peso neto)
4. Crear un equipo interdisciplinario
5. Trazar la ruta de trabajo
6. Medir los parámetros involucrados
7. Crear el “embudo” con el fin de acotar las variables.
8. Observar el desempeño del proceso
9. Establecer las causas y efectos
10. Identificar las variables críticas y la influencia en los pesos con base en los modelos estadísticos.
11. Sintetizar las variables y determinar las críticas.
12. Probar las mejoras propuestas
13. Controlar en situ

3.3 Selección de la metodología

Para seleccionar la metodología de trabajo con base en los tres modelos propuestos, se realizará un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) a las que se enfrente el proyecto frente a cada una de las tres metodologías, con el fin de tener una base sólida para la selección de la mejor alternativa. Este análisis es una herramienta utilizada para la formulación y evaluación de estrategia. Generalmente es utilizada para empresas, pero igualmente puede aplicarse a personas, países, etc. (Kotler, 2016)

En la siguiente tabla se realiza una evaluación de las variables más significativas que emplea cada una de las metodologías citadas con base en **el método de criterios ponderados**. (Saaty, 2008) asignando una escala de valores como sigue:

3. Si el criterio o solución es efectivo, de fácil implementación y el modelo se adapta altamente al objeto de estudio

2. Si el criterio o solución es efectivo, de moderada implementación y el modelo se puede adaptarse al objeto de estudio con algunas modificaciones

1. Si el criterio o solución es efectivo, de difícil implementación y/o difícil adaptación al modelo de estudio.

. Considerando que los tres modelos se pueden considerar como robustos para el estudio de la variabilidad de los procesos, la selección se basará en la simplicidad del mismo para lograr su efectiva aplicación y lograr los resultados de una forma ágil y en un tiempo moderado

Tabla 4*Evaluación de la metodología (Fuente propia, 2021)*

Item	Cuestionario	CSPM	SPC	SIX
		Control Estadístico de procesos multivariado	Control estadísticos de Proceso	SIGMA-DMAIC
1	Analiza la centralidad de la variabilidad	3	3	3
2	Analiza los límites inferiores y superiores del proceso	3	3	3
3	Emplea métodos estadísticos rigurosos	3	3	3
4	Analiza la variabilidad a través de gráficos de control especializados	3	2	1
5	Considera la correlación entre los diferentes cofactores asociados	3	3	3
6	La representación de las variables es de fácil lectura	3	2	1
7	Demanda desarrollo de software y modelos para la interpretación de los resultados	3	2	1
8	Simplifica el modelo las fuentes de variación	3	3	1
9	Sintetiza las variables y evalúa las críticas	3	3	1
	TOTAL	27	24	17

Nota: Ponderación: 3 Robusto 2: Complejidad media 1: Simplifica

Del anterior análisis es concluyente que la metodología a emplear es SIX SIGMA-DMAIC dada la simplicidad en el método de aplicación.

Capítulo 4 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para tres zumos de frutas diferentes los cuales enmarcan la gama de viscosidades que se presentan en las frutas procesadas en Alimentos Sas. El mango representa el valor más alto de todas, cuyo valor promedio los 2400 centipoises, zumo de mora, valor medio de 800 centipoises y finalmente el zumo de maracuyá promediando 15 centipoises, el valor más cercano al agua con un centipoise.

Para la evaluación de los resultados, se empleará un análisis estadístico básico cuyos cálculos se representarán para la primera producción de cálculo.

El nivel SIX SIGMA será evaluado empleando la siguiente tabla N°5 Categoría SIX SIGMA, y la capacidad de proceso a partir de la tabla N°6 categorías del Cp.

Tabla 5

Categorial SIX SIGMA (Cárdenas, 2021)

Nivel sigma	Defectos por millón	Nivel de calidad
1	690.000	30,23%
2	308.537	69,12%
3	66.807	93,33%
4	6.210	99,37%
5	233	99,97%
6	3,4	99,99%

Tabla 6

Categorías de Cp (Salazar, 2019)

Valor del Cp	Clase	Decisión
	Mundial	
Cp > 2	Clase mundial	Calidad SIX SIGMA
1,33 ≤ Cp ≤ 2	1	as que adecuado
1 ≤ Cp < 1,33	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el CP se acerca a uno
0,67 ≤ Cp < 1	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis de proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar la calidad satisfactoria
Cp < 0,67	4	No adecuado para el trabajo. Requiere serias modificaciones

4.2 Cálculo demostrativo de todas las variables medidas en el proceso

A continuación se presentan las diversas formulaciones de cálculo empleadas tanto para la obtención de los gráficos así como los datos presentados en las tablas. Este ejercicio se desarrolla a manera ilustrativa para la primera producción de maracuyá larga vida kilo.

Mediana

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N Xi}{N} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{1053} 1026,1032 \dots 1000}{1053}$$

$$\mu = 1020$$

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Xi - \mu)}{N - 1}} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{1053} (1026 - 1020) \dots}{1053 - 1}}$$

$$\sigma = 6.84$$

UPS

$$UPS = \text{Valor máximo} \quad (3)$$

$$UPS = 1057 \text{ g}$$

$$LPS = \text{Valor mínimo} \quad (4)$$

$$LPS = 997 \text{ g}$$

Clases

$$Clases = \sqrt{N} \quad (5)$$

$$Clases = \sqrt{1053}$$

$$Clases = 32.4$$

Incremento

$$\text{Incremento} = \frac{ULS - LSL}{Clases} \quad (6)$$

$$\text{Incremento} = \frac{1057 - 997}{32}$$

Capacidad de proceso

$$Cp = \frac{ULS - LSL}{6\sigma} \quad (7)$$

$$Cp = \frac{1057 - 997}{6 * 6.84}$$

$$Cp=0.48$$

Cpk

$$Cpk = \min \left\{ \left(\frac{ULS - \mu}{3\sigma} \right) \left| \left(\frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right) \right. \right\} \quad (8)$$

$$Cpk = \min \left\{ \left(\frac{1057 - 1020}{3 * 6.84} \right) \left| \left(\frac{1020 - 1020}{3 * 6.84} \right) \right. \right\}$$

$$Cpk = 0$$

Sobrepesos

$$Sobrepesos = X_i^N > ULS \quad (9)$$

$$Sobrepesos = 469$$

Bajos de peso

$$Bajospesos = X_i^N < LSL \quad (10)$$

$$Bajospesos = 3$$

Total de defectos

$$Total\ de\ defectos = \sum Sobrepesos, Bajos\ pesos \quad (11)$$

$$Total\ de\ defectos = \sum 469, 3$$

$$Total\ de\ defectos = 472$$

Oportunidades de defecto

$$Oportunidades\ de\ defecto = 2 \quad (12)$$

Se aplica el criterio del peso, mayor o menor

DPMO

$$DPMO = \frac{\frac{Total\ de\ defectos}{N}}{Oportunidades\ de\ defecto} * 1x10^6 \quad (13)$$

$$DPMO = \frac{\frac{472}{1053}}{2} * 1x10^6$$

$$DPMO = 224.121$$

Nivel sigma

$$Nivel\ sigma = -Distr.\ Norm.\ Estand.\ Inv\left(\frac{DPMO}{1x10^6}\right) + 1.5 \quad (14)$$

El valor constante de 1.5 se toma debido a que la variación a lo largo del tiempo en el centrado del proceso provoque que se tenga una desviación de más o menos 1.5 (Morales, 2007)

Defectos para el nivel sigma hallado

$$Defectos(2.25) = DPMO_{1+} \left(\frac{N_s - N_{s^1}}{N_s^2 - N_{s^1}} \right) * (DPMO_{2-} - DPMO_{1-}) \quad (15)$$

$$Defectos(2.25) = 308.537 + \left(\frac{2.25 - 2}{3 - 2} \right) * (66807 - 308.537)$$

$$Defectos(2.25) = 246.086$$

Nivel de calidad nivel sigma hallado

$$Ncalidad(2.25) = Ncalidad_{1+} \left(\frac{N - Ns^1}{Ns^2 - Ns^1} \right) * (Ncalidad_2 - Ncalidad_1) \quad (16)$$

$$Ncalidad(2.25) = 66.12\% + \left(\frac{2.25 - 2}{3 - 2} \right) * (93.33\% - 66.12\%)$$

$$Ncalidad(2.25) = 75.4\%$$

Nota: Las fórmulas anteriormente relacionadas pueden encontrarse tanto en Montgomery (2017) cómo en Morales (2007) referidas al control estadístico de la calidad.

Zumo de maracuyá larga vida kilo

Producción N°1

Se analizaron 7.916 datos en tres producciones diferentes. La Figura N° 5. Producción N°1 Maracuyá larga vida kilo, si bien los datos muestran una distribución normal se presenta una fuerte desviación hacia la derecha respecto a los límites de especificación, con casi el 50% de los datos por fuera de los límites, lo que indica un sobre peso del producto y por ende un sobre costo. El valor del Cp, acorde a la tabla N°5, indica que el *proceso no es adecuado para el trabajo y requiere serias modificaciones*, ubicándose en la categoría 4. Obsérvese que el valor del Cpk es de 0, esto se debe a que el valor de la media es igual al límite superior establecido, corroborando el hecho de que la mitad de los datos aproximadamente estén por fuera del límite superior. El nivel sigma es de 2.2, lo que indica que se presentan 246.086 pesos por fuera de las especificaciones por cada

millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes de solo el 75% según la *tabla N° 4 SIX SIGMA especificaciones*

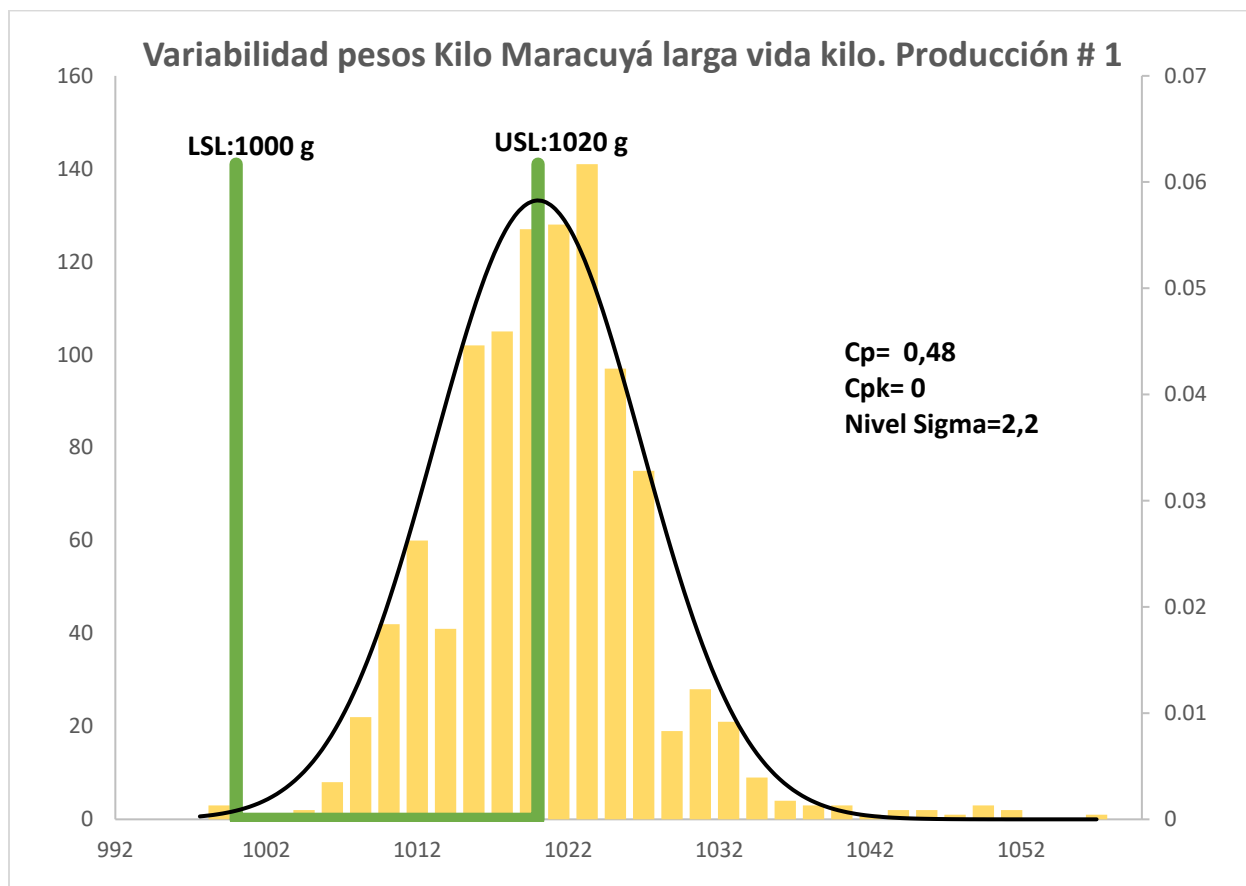


Figura 5. Distribución normal e histograma producción N°1 Kilo larga vida Maracuyá (Fuente propia, 2021)

Producción N°2

La Figura N° 6. Producción N°2 maracuyá larga vida kilo. Los datos muestran un comportamiento de distribución normal sin asimetría a diferencia de lo que ocurre en la producción N°1. El valor del Cp corresponde a 0.48, sin embargo, se encuentra en el mismo nivel de la producción N°1. El nivel sigma tiene un leve incremento, ubicándose en un valor de 2.9, lo que indica que se tienen 91.420 defectos por cada millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes que ronda el 90%

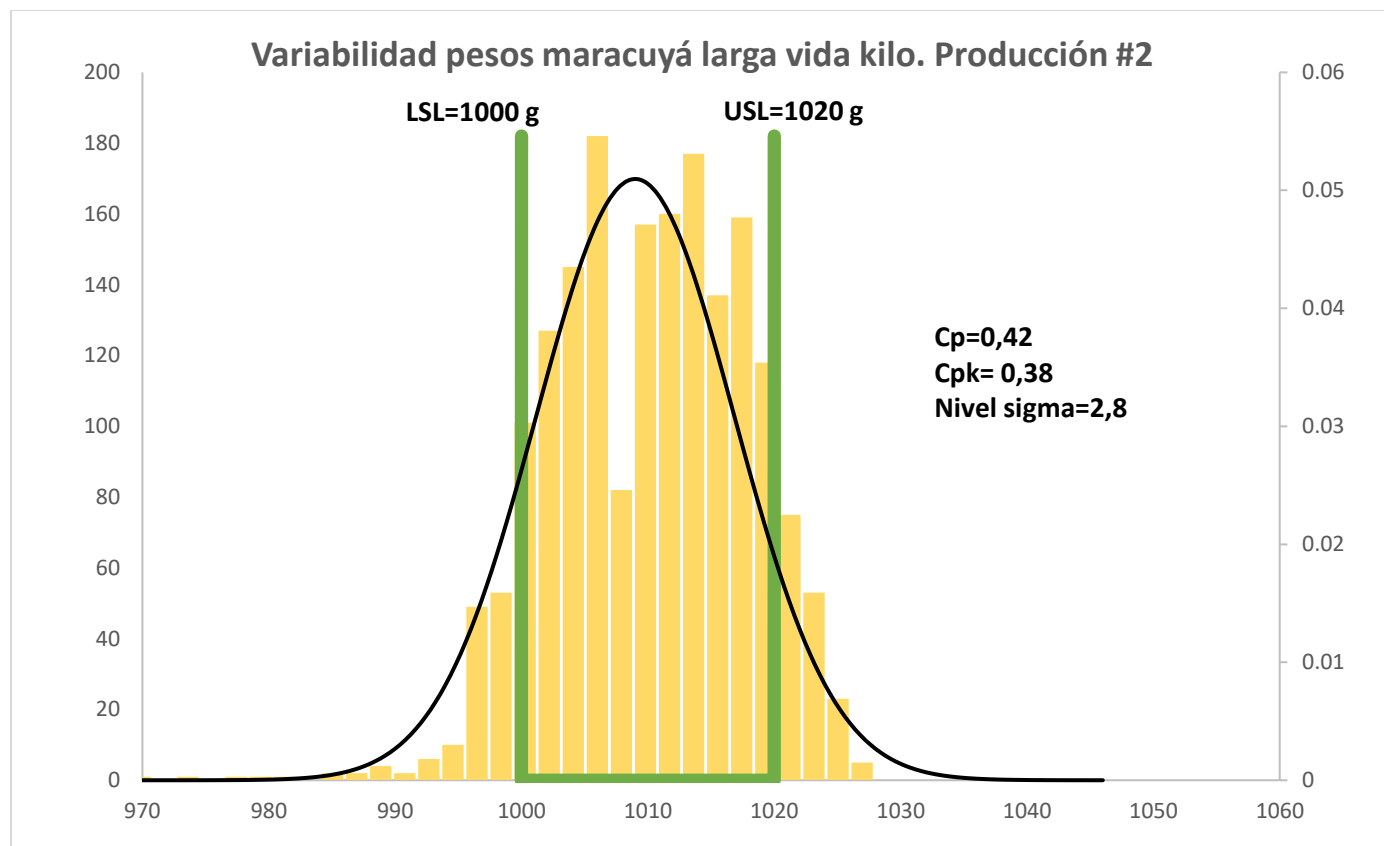


Figura 6. Distribución normal e histograma producción N°2 Maracuyá larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Producción N°3

La Figura N° 7. Producción N°3 de maracuyá larga vida kilo. Los datos muestran un comportamiento de distribución normal. El **cp** subió de categoría respecto a las dos producciones anteriores, pero aún se requieren serias modificaciones para lograr la satisfacción del cliente y eliminar las pérdidas a su máxima expresión. El nivel sigma aumentó un nivel de categoría respecto a las dos primeras producciones, con 33.165 pesos por fuera de las especificaciones por cada millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes del 96.7%

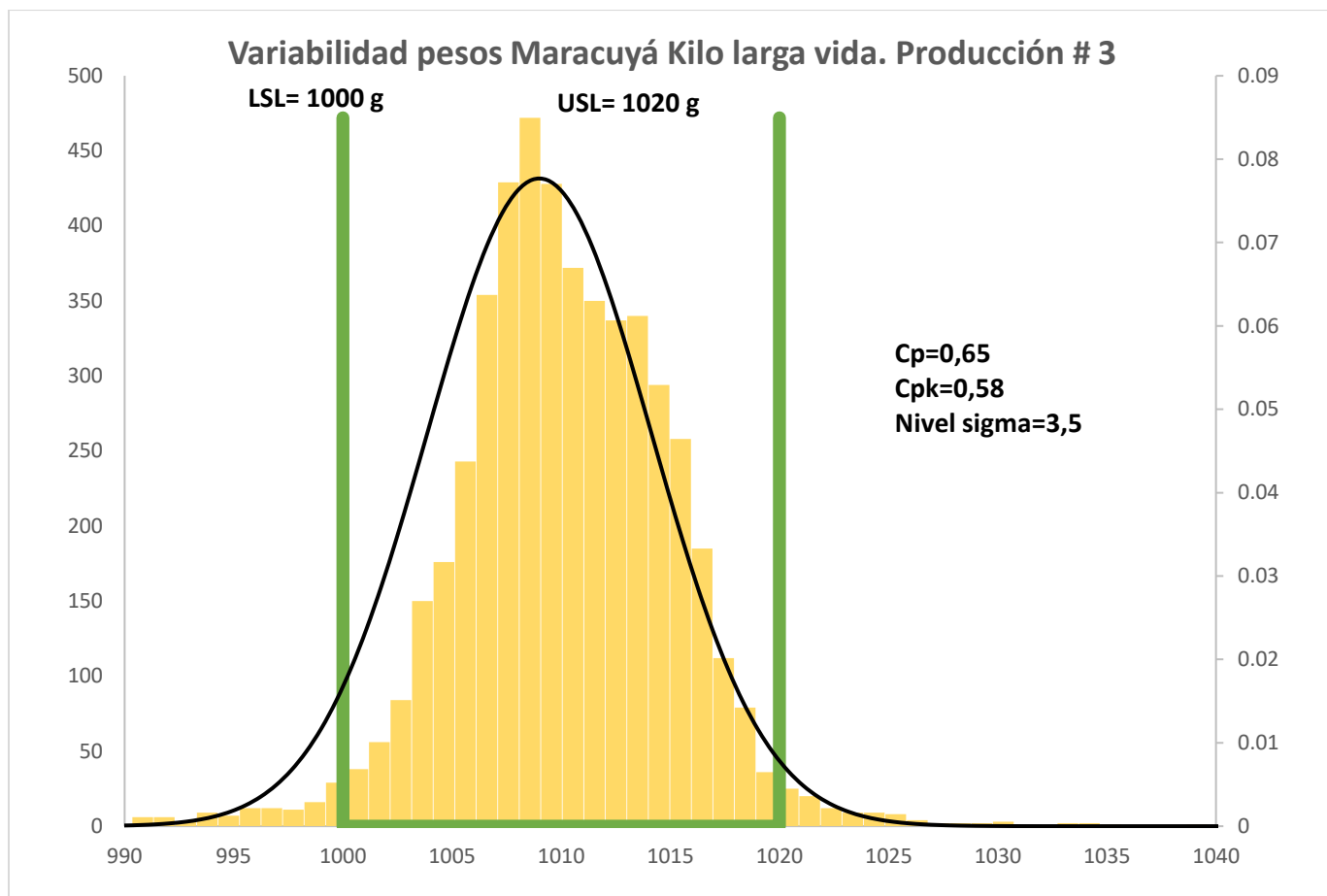


Figura 7. Distribución normal e histograma producción N°3 Maracuyá larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Zumo de mora larga vida

Producción N°1

Se analizaron 14.374 datos en tres producciones diferentes. La Figura N° 8. Producción N°1 Mora larga vida kilo, representa un comportamiento de distribución normal. El valor del Cp, indica que *el proceso no es adecuado y demanda un análisis*, ubicándose en la categoría 3. El nivel sigma es de 3,7, es decir que se presentan 25.815 pesos por fuera de las especificaciones por cada millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes del 97,4%

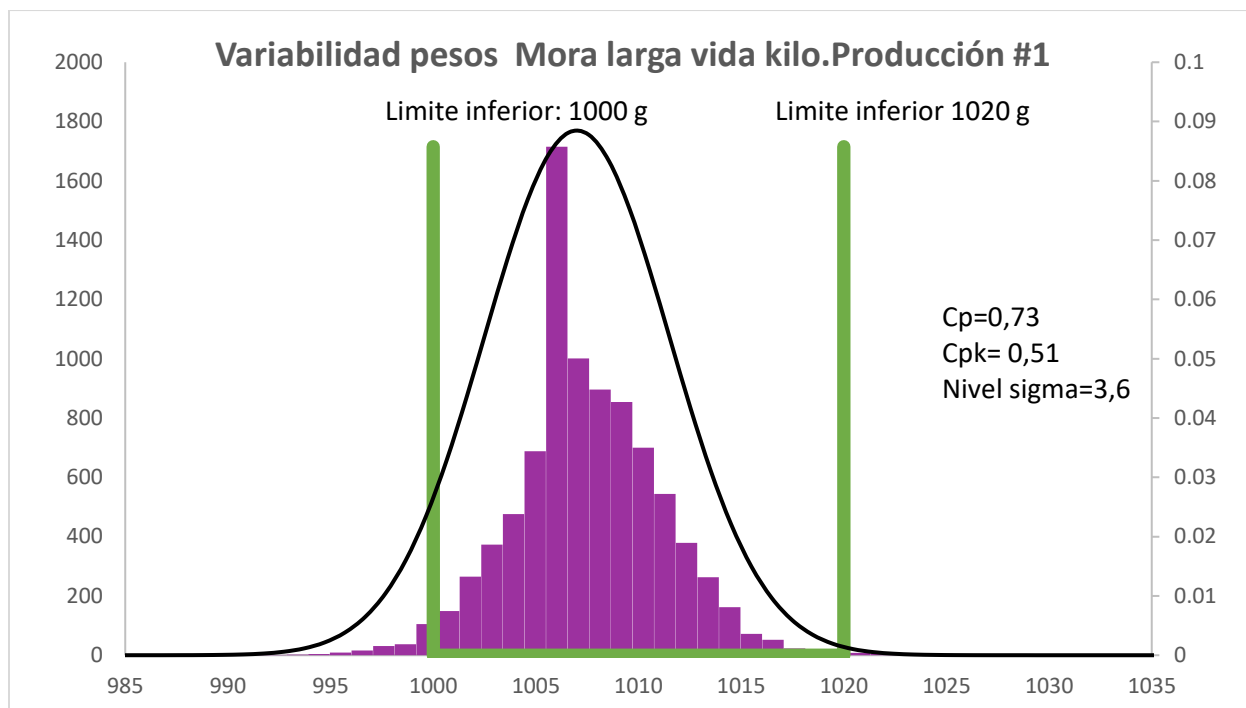


Figura 8. Distribución normal e histograma producción N°1 Kilo larga vida Mora (Fuente propia, 2021)

Producción N°2

La Figura N° 9. Producción N°2 Mora Kilo larga vida, muestra un comportamiento de distribución normal asimétrico a la derecha. El valor del Cp, se encuentra en la misma categoría de la producción N°1. El nivel sigma es igual 3.6, con 28.864 pesos por fuera de las especificaciones por cada millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes del 97,1%

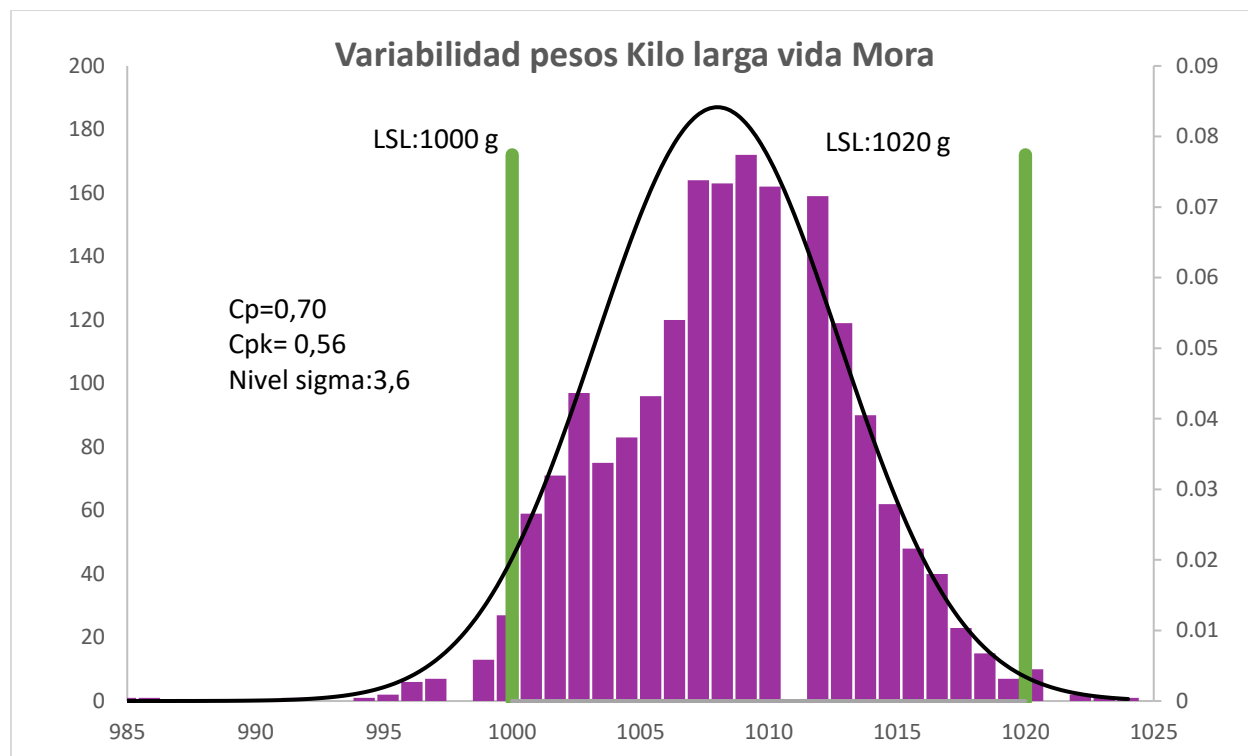


Figura 9. Distribución normal e histograma producción N°2 Mora larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Producción N°3

La Figura N° 10. Producción N°3 Kilo larga vida Mora. Los datos muestran un comportamiento de distribución normal asimétrico a la derecha con más de 2.500 datos por fuera del límite superior de especificación. El valor del Cp, muestra un retroceso frente a las dos producciones anteriores, cayendo de una media de 0.72 a 0.41, lo que significa una reducción del 43%, lo que conlleva a pasar de un proceso que demanda análisis y adecuación a demandar serias modificaciones. El nivel sigma cae un punto a 2.6, lo que indica que se presentan 154.959 unidades por fuera de las especificaciones por cada millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes del con una desviación negativa de 13 puntos porcentuales aproximadamente.

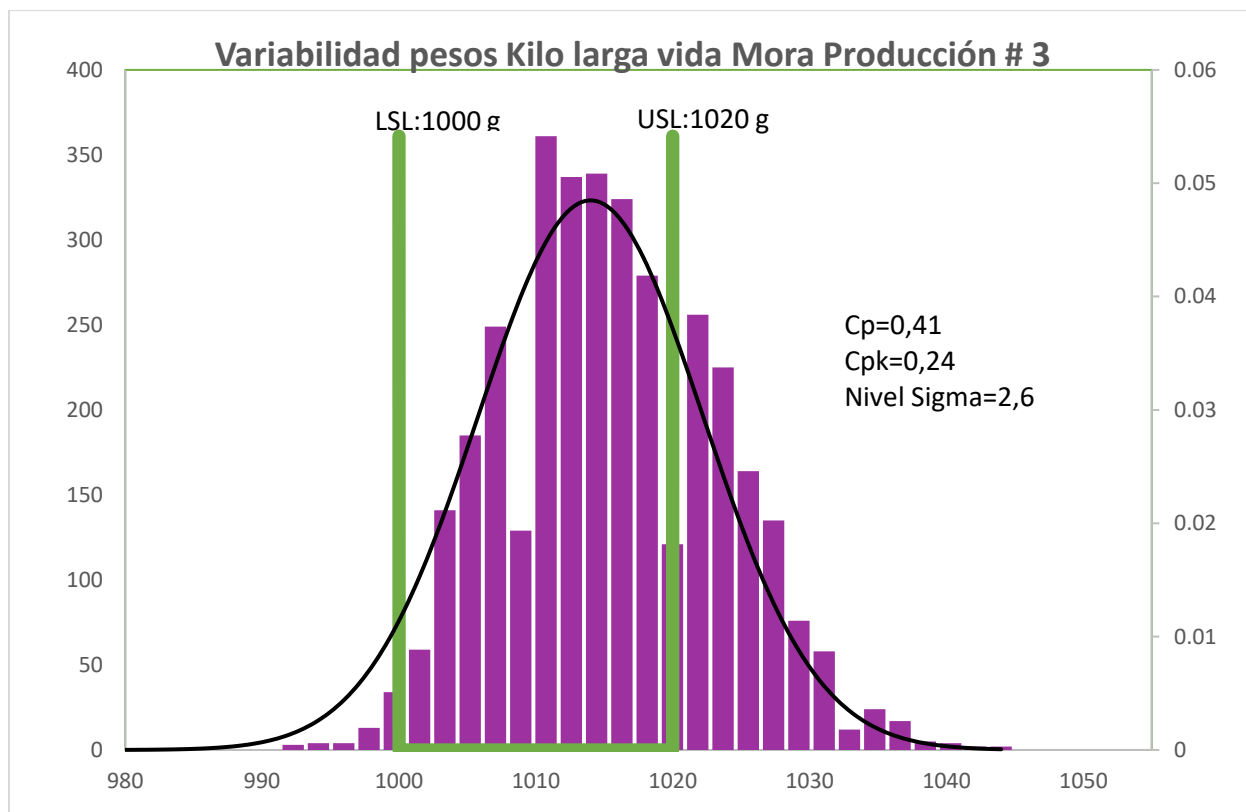


Figura 10. Distribución normal e histograma producción N°2 Mora larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Zumo de mango larga vida

Producción N°1

Se analizaron 9.402 datos en tres producciones diferentes. La Figura N° 11 Producción N°1 mango larga vida kilo, muestran un comportamiento de distribución normal asimétrico a la derecha. El valor del Cp indica que el proceso “no es adecuado para el trabajo y requiere serias modificaciones”, ubicándose en la categoría más baja posible. El nivel sigma es de 2.7, con 137.172 unidades con pesos por fuera de las especificaciones por cada millón de kilos producidos y un nivel de satisfacción de los clientes del 86.3%

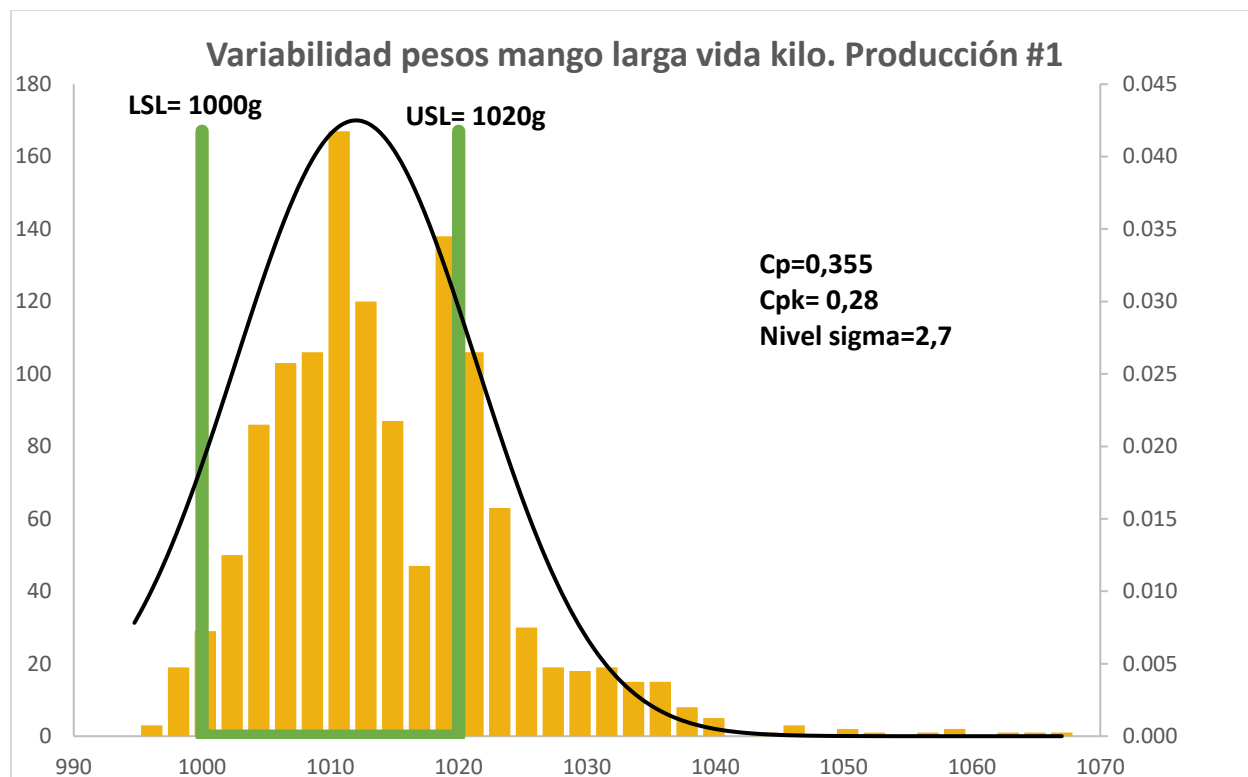


Figura 11. Distribución normal e histograma producción N°1 Mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Producción N°2

La Figura N° 12. Producción N°2 Mango larga vida kilo, muestran un comportamiento de distribución normal simétrico. El valor de Cp, subió de categoría y mejorando en un poco más del 50%, a la vez que el nivel sigma, con una magnitud de 3,7. Representa entonces una reducción significativa de los defectos pasando de un valor por encima del 100 mil a menos de la quinta parte, y un incremento de la satisfacción del cliente del 98%

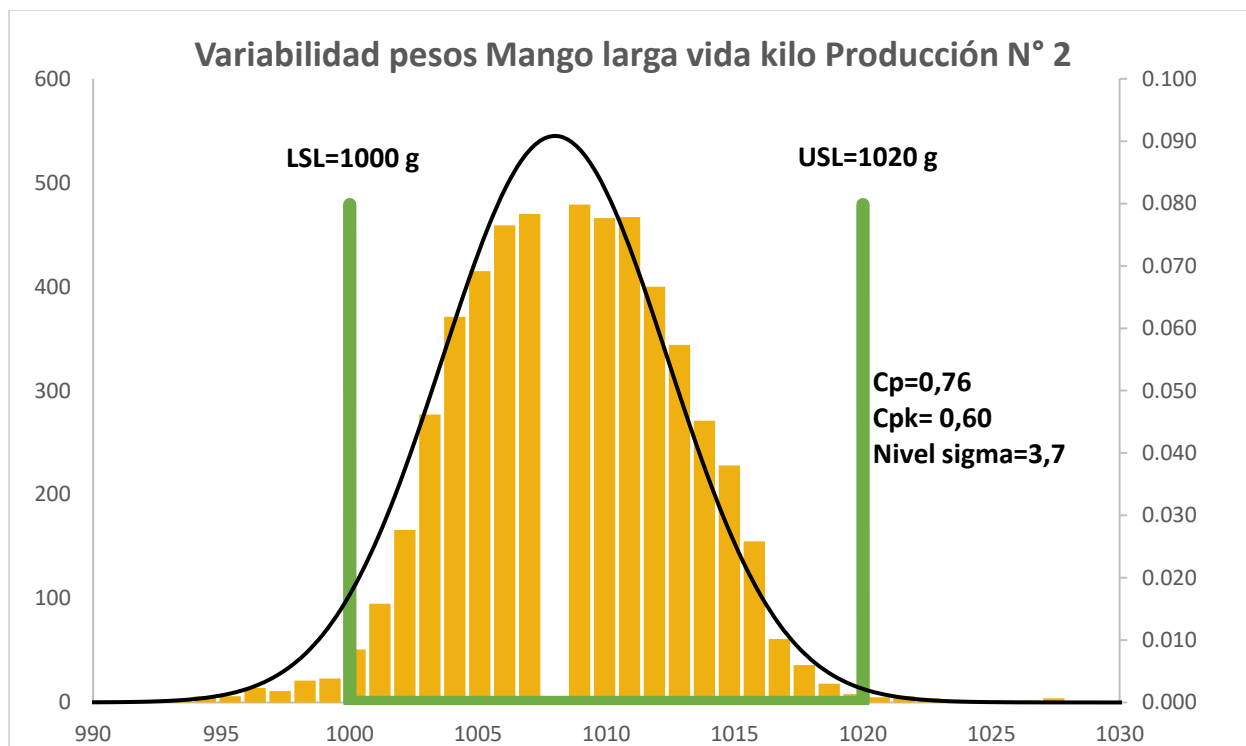


Figura 12. Distribución normal e histograma producción N°2 Mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Producción N°3

La Figura N° 13. Producción N°3 Mango kilo larga vida. Muestra nuevamente una desviación de los datos que aumenta los sobrepesos como ocurrió con la producción N°1. El valor del Cp cayó nuevamente, a niveles cercanos a la producción número 1 a pesar que la categoría SIX SIGMA conserva el número entero de 3. No obstante, tan solo una décima representa un valor que media los 6000 mil defectos, por lo que no se puede tomar como un valor despreciable.

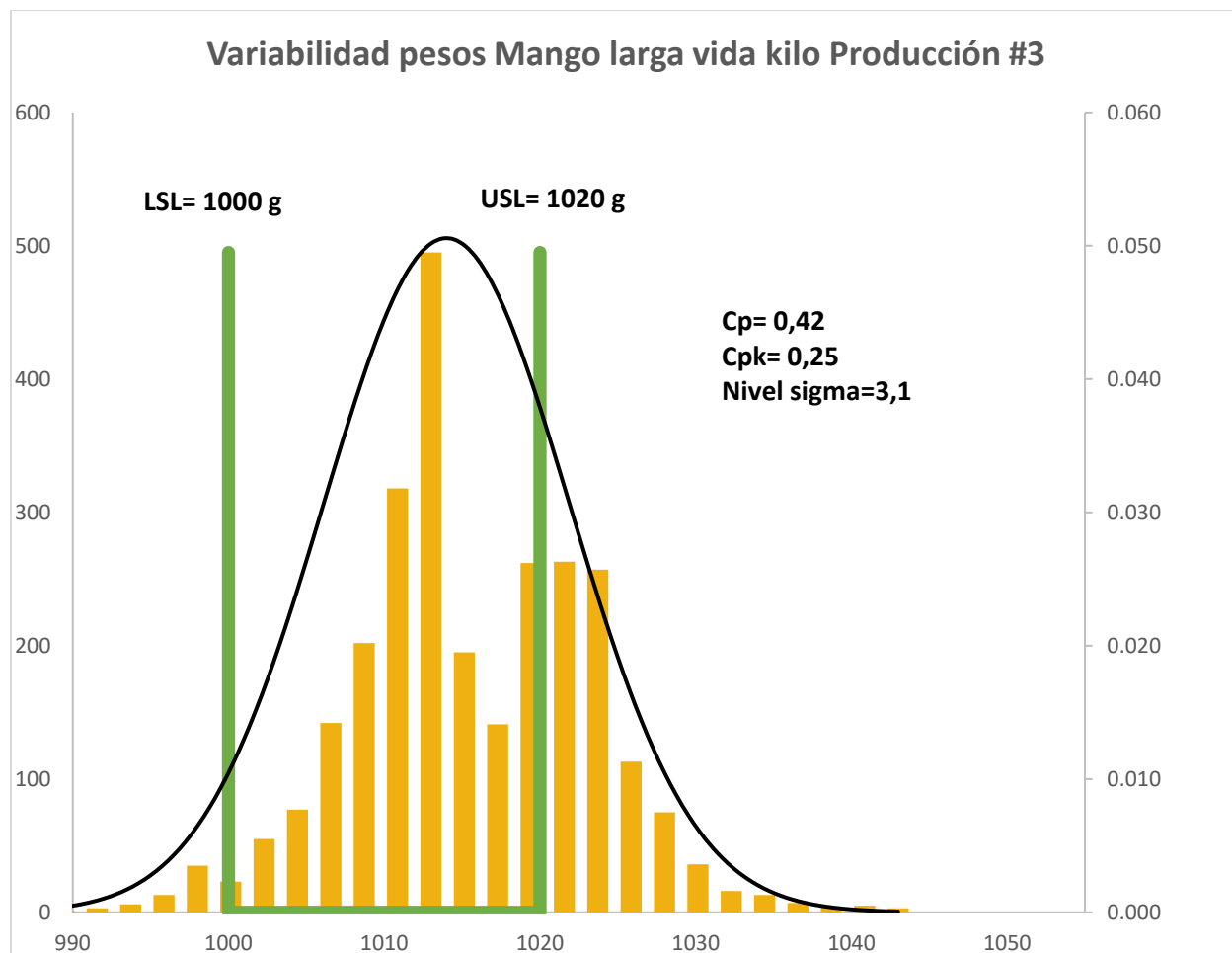


Figura 13. Distribución normal e histograma producción N°3 Mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

Porcentaje de variabilidad en los zumos de fruta de alimentos SAS

Porcentaje de variabilidad en las tres producciones de Maracuyá larga vida

La tabla número 8, muestra la comparación entre las tres producciones de maracuyá larga vida kilo. Al comparar las tres producciones el primer dato relevante se observa en el valor de la mediana, dado que es igual para las producciones N°2 y N°3, mientras que la producción N°1 tiene una desviación igual al límite superior, provocando que el valor del Cpk sea igual a cero y que el 50% de los datos se encuentren por fuera del límite de especificación. Se pudo constatar que el operario para las producciones 1 y 2 fue el mismo mientras que para la producción número tres

cambió. *Esto podría inferir que efectivamente la mano de obra es influyente* pero sería muy temprano concluirlo y se requeriría un mayor número de datos. Los valores máximos y mínimos son similares entre las tres producciones, por lo que el comportamiento de los datos permite inferir la factibilidad para estandarizar el proceso.

De otro modo, se observa un incremento en el nivel sigma para la tercera producción, acercándose a un valor de 4. Esto muestra claramente la factibilidad de realizar ajustes al proceso, tenerlo controlado y cumplir las especificaciones del cliente.

Tabla 7

Análisis de datos para las tres producciones de maracuyá kilo larga vida (Fuente propia, 2021)

	Producción 1	Producción 2	Producción 3
Mediana	1,020.00	1,009.00	1,009.00
Desviación estándar	6.85	7.83	5.14
Max	1,057.00	1,046.00	1,048.00
Min	997.00	966.00	979.00
Población	1,053.00	1,845.00	5,018.00
Clases	32.45	42.95	70.84
Clases redondeado	32.00	42.00	70.00
Incremento	1.88	1.90	0.99
LSL	1,000.00	1,000.00	1,000.00
USL	1,020.00	1,020.00	1,020.00
Cp	0.49	0.43	0.65
Cpk	0.00	0.38	0.58
Sobrepesos	469.00	121.00	79.00
Pesos inferiores	3.00	178.00	121.00
Peso estandar	581.00	1,546.00	4,818.00
Total defectos	472.00	299.00	200.00

Oportunidad defecto	2.00	2.00	2.00
DPMO	224,121.56	81,029.81	19,928.26
Nivel Sigma	2.26	2.90	3.56
N° defectos por millon	246,086.71	91,420.43	33,161.55
Nivel de calidad	75.4%	90.9%	96.7%

Porcentaje de variabilidad en las tres producciones entre las producciones de Mora

La tabla N° 9 muestra los datos consolidados de las tres producciones de mora kilo larga vida. Entre las producciones N° 1 y 2, no se observan variaciones significativas, como si ocurre para ambas respecto a la producción N°3. Obsérvese que el nivel sigma de la tercera producción cae un punto frente a las dos primeras. Esto se evidencia ya que la *desviación estándar* pasó de una media 4.62 a 8.23. El valor de Cp también cae de categoría indicando que el proceso no es adecuado para el trabajo y requiere serias modificaciones en lugar de un análisis y algunas modificaciones (Salazar, 2019). De igual modo, se pasó de tener una media de tener 2.75 clientes insatisfechos a 16 por cada 100 evaluados, es decir un aumento del 83% de insatisfacción, o bien se puede entender como el incremento de pérdidas para el proceso del 83% respecto a las producciones anteriores.

Obsérvese que la población evaluado para la producción N°3 es tres veces mayor a la población evaluada para la producción N°1, por lo que se descarta un posible error atribuido a una baja muestra estadística.

Si comparamos los datos de la producción de mora frente a la de maracuyá. Se observa que el valor de la mediana es similar para ambas producciones, al menos para cuatro de ellas. Esto nos podría llevar a concluir que para viscosidades entre 1.5 centipoises y 600 centipoises, podría despreciarse dicho factor y por ende, que la naturaleza del producto nos es relevante.

Tabla 8

Análisis de datos para las tres producciones de mora kilo larga vida (Fuente propia, 2021)

	Producción 1	Producción 2	Producción 3
Mediana	1.007,00	1.008,00	1.014,00
Desviación estándar	4,51	4,74	8,23
Max	1.065,00	1.024,00	1.044,00
Min	966,00	984,00	935,00
Población	8.909,00	1.898,00	3.567,00
Clases	94,39	43,57	59,72
Clases redondeado	94,00	43,00	59,00
Incremento	1,05	0,93	1,85
LSL	1.000,00	1.000,00	1.000,00
UPL	1.020,00	1.020,00	1.020,00
Cp	0,74	0,70	0,41
Cpk	0,52	0,56	0,24
Sobrepesos	34,00	4,00	853,00
Pesos inferiores	229,00	59,00	61,00
Peso estándar	8.646,00	1.835,00	2.653,00
Total defectos	263,00	63,00	914,00
Oportunidad defecto	2,00	2,00	2,00
DPMO	14.760,35	16.596,42	128.118,87
Nivel sigma	3,68	3,63	2,64
N° defectos por millón	25.815,41	28.646,46	154.959,06
Nivel de calidad	97,4%	97,1%	84,5%

Porcentaje de variabilidad en las tres producciones entre las producciones de Mango larga vida kilo

La tabla N° 10 muestra los datos consolidados de las tres producciones de mango kilo larga vida. Mientras las producciones N°1 y N°3 se observa una distribución normal con asimetría a la derecha, la producción N°2 presenta una distribución normal con datos perfectamente distribuidos. Obsérvese que el nivel sigma de la segunda producción está un punto por encima de la N°1 y N°3. Su desviación estándar es inferior 2.1 frente a la N° 1 y 1.8 veces inferior a la producción N°3. Si bien la producción N°3 no llega a un nivel de Cp deseado y el proceso requiere modificaciones, se acerca significativamente a 1, mientras que las otras dos producciones se encuentra en valores inferiores a 0.5.

En la producción N°1 se contó con un nivel de satisfacción de los clientes del 86%. Se mejoró en la producción N°2 significativamente en casi 12 puntos porcentuales, y se perdieron nuevamente cuatro puntos respecto a la producción número 3. Esto nos lleva a inferir que si hay un efecto en la mano de obra ya que no hay un cambio ni de viscosidad ni de las condiciones de proceso.

Tabla 9

Comparativo para las producciones de mango larga vida kilo (Fuente propia, 2021)

	Producción 1	Producción 2	Producción 3
Mediana	1.012,00	1008,00	1014,00
Desviación estándar	9,4	4,39	7,9
Max	1.067,0	1043,00	1.043,0
Min	994,0	972,00	968,0
Población	1.266,0	5363,00	2.773,0
Clases	35,6	73,23	52,7
Clases redondeo	35,0	73,00	35,0
Incremento	2,1	0,97	2,1
LSL	1.000,0	1000,00	1.000,0

UPL	1.020,0	1020,00	1.020,0
Cp	0,36	0,76	0,42
Cpk	0,28	0,61	0,25
Sobrepesos	254,0	25,00	249,0
Pesos inferiores	33,0	96,00	37,0
Peso estándar	979,0	5242,00	980,0
Total defectos	287,0	121,00	286,0
Oportunidad defecto	2,0	2,00	2,0
DPMO	113.349,1	11281,00	51.568,7
Nivel sigma	2,71	3,78	3,13
N° defectos por millón	137.172,71	19.494,62	58.939,68
Nivel de calidad	86,3%	98,0%	94,1%

4.3 Identificación de los componentes del modelo SIX SIGMA para reducir la variabilidad de los pesos

Definir: Su objetivo es comprender a fondo la naturaleza del problema. A partir de la recopilación de la información este conllevó a observar la desviación debido a la naturaleza de la mano de obra, cómo lo corroboran tanto las producciones de mora como de maracuyá, donde el valor de la media, sufre una desviación significativa cuando se da el cambio del operario.

Acción de Mejora: La definición de los datos permitió establecer su comportamiento, identificar las áreas de oportunidad tal cómo la estandarización del proceso y el alcance que puede tener un proyecto futuro de implementación

Medir: Obsérvese las gráficas de la campana de Gauss para cada uno de los procesos analizados. Se podría inferir que los límites del proceso están ajustados por fuera del valor real que podría permitir el proceso en sí. Si observamos la figura N° 5 a pesar de tener una distribución normal casi que perfectamente distribuida, la mitad de los datos se encuentran por fuera del límite superior. Lo que nos arroja un valor de Cpk de cero, corroborando lo expuesto, no obstante, si el límite superior se estimara en 1040 gramos casi la totalidad de los datos estarían dentro del valor y el cp

estaría en un valor cercano. En este caso en particular, los valores para cp y cpk serían 0.97 en ambos, mientras que para la producción número 3 de maracuyá, superarían la unidad, lo que nos acercaría a unas condiciones más ideales del proceso.

Acción de mejora: Permite comprender las condiciones actuales del proceso, conocer el número de defectos por cada millón, los desperdicios en que se están incurriendo

Analizar: Se identifica a partir de los datos arrojados para las producciones de mora y mango que una de las causales raíces que más influye en la variabilidad de los pesos es la mano de obra, esto se demuestra plenamente a partir de los datos obtenidos donde para un mismo zumo, se tiene una diferencia significativa en el valor de los pesos determinados.

Este resultado muestra una clara falencia en la estandarización de los procesos.

Mejorar: Los resultados demuestran que el proceso es susceptible de mejora ya que se identifican patrones en la variabilidad. Asimismo, se plantea el hecho de redefinir el límite superior del proceso ya que la capacidad del mismo se ve muy limitada con una variación hacia arriba del 2%, por lo tanto, la especificación de peso máxima debe ser replanteada, así como el posible sobre costo asociado al producto con el fin de que la empresa no incurra en pérdidas económicas sino que traslade sus limitantes al cliente, quien finalmente tendrá una mayor cantidad de producto sin incurrir en engaño.

Acción de mejora: La estandarización es clave para mejorar el proceso ya que como se demostró en el análisis de los datos la forma de operar la maquinaria es la que más influye en la variación de los pesos. Por lo tanto, si se eliminan las variaciones incluidas por el operario, el proceso estará ajustado y se reducirán significativamente

Control: Se demanda un continuo monitoreo para garantizar el control de la variabilidad, como los POES (Programas Operativos Estandarizados), así como listas de chequeo u hojas de control y el seguimiento continuo, así como auditorías internas para evaluar y mantener el proceso.

Se hace necesaria la creación de un material para lograr la estandarización del proceso,

Acción de mejora: Durante la producción en línea se implementó una hoja de cálculo que permite observar el comportamiento de los datos en línea con el fin de hacer los ajustes correspondientes, buscando de esta forma que las variables clave permanezcan dentro de los valores establecidos y los límites del proceso

Capítulo 5 Conclusiones

Es concluyente que la variabilidad de los pesos causada por la mano de obra se debe como primera medida a la ausencia de la estandarización de los procesos. El manejo de la maquinaria se realiza con base en el conocimiento empírico de los operarios los cuales, si bien fueron capacitados por personal calificado, cada uno ha ido operando la máquina como mejor la entiende y le parece, no obstante, el presente estudio corrobora que las buenas intenciones no son suficientes y se demanda un proceso plenamente estandarizado en su paso a paso donde no se deja nada al azar y cada variable se encuentra determinada y controlada por un proceso estandarizado.

- Las fallas en la estandarización se dan debido a que no hay parámetros fijos y estándar para operar la máquina dependiendo la variación que se presente como los *set point* de los parámetros de ajuste, velocidad de envasado, presión y temperatura de sellado los cuales son manipulados por el operario dependiendo las condiciones que va presentando durante el proceso, es el problema más significativo y concluyente que influye en la variabilidad del peso. Esto quedó plenamente demostrado a partir del análisis de los resultados en el capítulo anterior al presentar variaciones en la mediana del orden de 10 g, lo que corresponde al 50% del peso que se desea controlar.
- Si bien no se realizaron mediciones variando el tamaño de la partícula para una misma fruta, si existe una diferencia entre el tamaño de partícula entre el mango, que se procesa por tamiz de 1.2 mm y mora y maracuyá, procesados por tamiz de 0.6 mm. Esto podría inferir que no existe correlación entre el tamaño de la partícula, o la naturaleza de la fruta, ya que al observar el compartimiento de los datos para las tres frutas que comprenden el rango de viscosidades manejadas dentro del proceso los datos arrojados son similares al menos para dos de tres producciones analizadas. En todos los datos, se presenta una distribución normal, el valor de la mediana varía en un rango entre 1008 y 1012 gramos para el grueso de los datos independientemente de la población analizada.
- El proceso está por fuera de control, como lo indica el valor del C_p , tanto en su magnitud como en su variación. No se tiene estabilidad en el proceso.

- El límite superior debe ser reevaluado, pues con los valores actuales, las tendencias de las gráficas o el comportamiento de los datos infieren que físicamente la maquinaria no tiene la capacidad para cumplir la especificación tan cerrada que se plantea al cliente.
- La categoría sigma se sitúa en promedio en la tercera posición. Por lo tanto, se tiene una media de 66.807 pesos por fuera de especificación por cada millón de valores evaluados. Lo cual es inaceptable si se quiere tener un nivel de competitividad y reducir las pérdidas asociadas a los sobrepesos o los reprocesos, con lo que implican, por pesos por debajo del límite inferior de control.
- El modelo, SIX SIGMA DIMAIC ofrece un panorama claro de las fallas que se tienen en el proceso, las variables que se deberían controlar y por donde se debe empezar a hacerlo. Este modelo es determinante en encontrar la desviación de los pesos para la referencia kilo larga vida y cual las causas raíces que ocasiona dicha variabilidad. Su aplicación rigurosa permitirá a la empresa reducir las pérdidas asociadas, mejorar la capacidad del proceso, y reducir el número de rechazos lo que redundará en una mayor satisfacción del cliente.

Referencias

Alimentos SAS. (12 de 2021). *Alimentos Sas*. Obtenido de <https://www.alimentossas.com/>

Alvarado, A. (2010). *Metodología Sigma para mejorar la capacidad del proceso de la variable de nivelación vertical en la aplicación de pintura de una ensambladora de vehículos*.

Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/3860/1/822000.2010.pdf>

Banco de Desarrollo de América Latina. (s.f.). *Banco de Desarrollo de América Latina*.

Recuperado el 21 de Septiembre de 2020, de <https://www.caf.com/>

Buestan, M. (2013). Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity*, 14-16.

Canónico, P. (Diciembre de 2012). *Aplicación de Six Sigma para la reducción de rechazos de entrega de producto terminado de una empresa multinacional de alimentos*. Obtenido de https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/197/Aplicaci%c3%b3n%20de%20Six%20Sigma%20para%20la%20reducci%c3%b3n%20de%20rechazos%20de%20producto%20terminado%20-%20PATRICIO%20CANONICO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cárdenas, C. (2021). *Seis Sigma Y Capacidad De Procesos*. Medellín.

Corporación Universitaria Uniremington. (2016). *Seminario de Investigación I*. Medellín.

Cruz, F. (2008). *Fases de la Metodología Seis Sigma*.

- Gerges, N. (30 de 4 de 2020). *Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales*.
Obtenido de Izertis: <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>
- Gomez, T., & Kenedy, I. (8 de Marzo de 2019). *Investigating weight variability of food products: A six sigma approach*. Obtenido de <https://e-space.mmu.ac.uk/622528/>
- Guerrero, V. (7 de 2 de 2019). *¿Qué es seis sigma?* Obtenido de Lean solutions:
<http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>
- Kotler, P. &. (2016). *Dirección de marketing*. Pearson Educación.
- Moncayo, M., & Astudillo, D. (2011). Plan estratégico para aumentar la rentabilidad y sostenibilidad de la empresa. Cali.
- Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa.
- Montgomery, D. (2017). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- Morales, J. (2007). *Uso de la metodología Seis Sigma para mejorar el consumo de combustible en un vehículo*. Obtenido de Introducción a la metodología seis sigma:
<https://www.bib.iberro.mx/site/>
- Muñoz, E. (2019). *Metodología Seis Sigma Para Mejorar La Calidad En Los Procesos De La Industria De Alimentos. Revisión De La Literatura Científica*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22080/Mu%c3%b1oz%20Rojas%200Edgar.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Nestro, P. (2018). *Tesis Seis Sigma*. Obtenido de https://www.academia.edu/6148594/CAPITULO_2_MARCO_TEORICO
- Nieto, A. (2014). *Implementación de la metodología Seis Sigma para el mejoramiento continuo del proceso de ventas de servicios tecnológicos y comunicaciones en Ecuadortelem S.A.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6863/1/UPS-GT000664.pdf>
- OROZCO, A. E. (2004). *TESIS PROYECTO SEIS SIGMA*.
- Rosero, C., & Orejuela, J. (2013). *Seis sigma como método de control de Calidad y promotora de la productividad empresarial*. Obtenido de <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/207>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 83-98.
- Salazar, B. (29 de Octubre de 2019). *Ingenieria Industrial*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/capacidad-de-procesos/>
- Santamaría, V. (Diciembre de 2005). *Implementación de Seis Sigma en la línea de producción de queso mozzarella en la Compañía Del Campo Ltda.* Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5370/1/AGI-2005-T034.pdf>
- Sarmiento, I. (28 de Abril de 2020). *Movilidadprofe*. Recuperado el Octubre de 2020, de https://www.youtube.com/watch?v=OQ7CKqNkQ0U&ab_channel=Movilidadprofe
- Sigma.com, S. (2018). *Seis Sigma.com*. Obtenido de www.sigma.com

SPC consulting group . (2021). Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/>

Valderrey, P. (2011). *Seis Sigma Fundamentos, fases y herramientas*. Bogota: Ediciones de la U.

Valtierra, J., & Saucedo, J. (Septiembre de 2013). *Aplicación de herramientas para el desarrollo de una metodología para el análisis de la variación de pesos en máquinas envasadoras en la empresa Campo Fresco*. Obtenido de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5890/aplicacion_de_herramientas_para_el_desarrollo_de_una_metodologia_para.pdf

Villa, H. (2015). *Un Método para la Definición de Indicadores Clave de Rendimiento con base en Objetivos de Mejoramiento*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/51185/1/1128277405.2015.pdf>

Windsor, S. E. (2007). *Six Sigma Transaccional para cintas verdes*. Mexico: Panaroma Editorial S.A.