



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL
PROCESO PRODUCTIVO DE CHOCOLATE AMARGO EN LA
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DE AROSEMENA
TOLA TSATSAYAKU”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

JEFFERSON EFRAIN YAMBAY CANDO

Riobamba - Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL
PROCESO PRODUCTIVO DE CHOCOLATE AMARGO EN LA
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DE AROSEMENA
TOLA TSATSAYAKU”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: JEFFERSON EFRAIN YAMBAY CANDO

DIRECTOR: Ing. JULIO CÉSAR MOYANO ALULEMA, Mg.

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, Jefferson Efrain Yambay Cando

Se autoriza reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, JEFFERSON EFRAIN YAMBAY CANDO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de mayo de 2023




A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a vertical stroke, positioned above a horizontal line.

Jefferson Efrain Yambay Cando

C. I: 150103572-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CHOCOLATE AMARGO EN LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DE AROSEMENA TOLA TSATSAYAKU**, realizado por el señor: **JEFFERSON EFRAIN YAMBAY CANDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-02
Ing. Julio César Moyano Alulema, Mg. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-02
Ing. Ángel Geovany Guamán Lozano ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-02

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, inteligencia y sabiduría, asimismo, a mis padres y hermanos por ser un pilar fundamental en todo el trayecto universitario, pues, gracias a su apoyo me ha permitido alcanzar el objetivo de ser un profesional. De igual manera, a la carrera de Ingeniería Industrial por haberme proporcionado los conocimientos necesarios para lograr el tan anhelado sueño de progresar tanto en mi desarrollo personal como en mi profesión.

Jefferson

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme brindado la mejor salud en todo este camino lleno de dificultades y trabas, las cuales tuve que lidiar y salir victorioso, a mi mamá Cristina por ser el ejemplo que me motivo a no rendirme y a seguir adelante, a mi papá Manuel por ser el soporte en mi formación académica, pues, sin sus palabras de aliento no lo hubiese podido lograr. Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la carrera de Ingeniería Industrial, por abrir las puertas a un joven soñador, que llego con una meta de ser un profesional de esta distinguida institución, asimismo, a mi tutor y asesor, Julio Moyano y Ángel Guamán L, por brindarme el apoyo necesario en la elaboración de la tesis. Por último, agradezco a la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, por permitirme realizar este trabajo de titulación en mi tierra natal.

Jefferson

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	6
1.3.2. <i>Justificación metodológica</i>	6
1.3.3. <i>Justificación práctica</i>	7
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	7
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	7

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Definición de la metodología DMAIC y Six Sigma.....	10
2.2.1. <i>Fase definir</i>	12
2.2.2. <i>Fase medir</i>	12
2.2.3. <i>Fase analizar</i>	12
2.2.4. <i>Fase de mejora</i>	13
2.2.5. <i>Fase controlar</i>	13
2.3. Diagrama de Pareto.....	13
2.4. Histograma.....	14
2.5. Carta de proyecto.....	15
2.6. Diagrama causa-efecto.....	15

2.7.	Los 5M	16
2.8.	Cartas de control	16
2.9.	Diagrama del proceso	17
2.10.	Mapa de procesos.....	18
2.11.	Análisis de capacidad de procesos.....	18
2.12.	Árbol de calidad.....	19
2.13.	Voz del cliente	20
2.14.	Estudio de repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición	20
2.15.	Matriz causa efecto	20
2.16.	Diseño de experimentos (DOE).....	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Tipo de proyecto	22
3.2.	Tipo de investigación	22
3.2.1.	<i>Investigación bibliográfica</i>	22
3.2.2.	<i>Investigación aplicada</i>	22
3.2.3.	<i>Investigación descriptiva</i>	22
3.2.4.	<i>Investigación de campo</i>	22
3.3.	Técnicas e Instrumentos.....	23
3.3.1.	<i>Técnicas</i>	23
3.3.2.	<i>Instrumentos</i>	23
3.4.	Diagnóstico de la situación inicial	23
3.4.1.	<i>Identificación de la empresa</i>	23
3.4.2.	<i>Reseña histórica</i>	23
3.4.3.	<i>Localización del Proyecto</i>	24
3.4.4.	<i>Descripción del personal de la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU</i>	24
3.4.5.	<i>Productos elaborados</i>	25
3.4.5.1.	<i>Barras de chocolate amargo</i>	25
3.4.5.2.	<i>Nibs de cacao</i>	26
3.4.5.3.	<i>Guayusa</i>	26
3.4.5.4.	<i>Helados</i>	27
3.4.6.	<i>Mapa de procesos</i>	27
3.4.7.	<i>Descripción de los puestos de trabajo en la línea de chocolate amargo</i>	28
3.4.7.1.	<i>Almacenado del grano de cacao para la fermentación</i>	28

3.4.7.2.	<i>Proceso de secado del grano de cacao</i>	29
3.4.7.3.	<i>Clasificación de los granos de cacao</i>	30
3.4.7.4.	<i>Proceso de tostado</i>	30
3.4.7.5.	<i>Proceso de descascarillado (Primera etapa)</i>	31
3.4.7.6.	<i>Proceso de descascarillado (Segunda etapa)</i>	32
3.4.7.7.	<i>Proceso de molienda</i>	32
3.4.7.8.	<i>Proceso de refinado</i>	33
3.4.7.9.	<i>Proceso de extracción de pasta de cacao</i>	33
3.4.7.10.	<i>Proceso de atemperado</i>	34
3.4.7.11.	<i>Proceso de moldeo</i>	34
3.4.7.12.	<i>Refrigeración de las barras de chocolate amargo</i>	35
3.4.7.13.	<i>Empaquetado</i>	36
3.4.7.14.	<i>Sellado</i>	36
3.4.7.15.	<i>Almacenamiento de producto terminado</i>	36
3.5.	Etapas de aplicación de la metodología DMAIC en el procesamiento de barras de chocolate amargo de 250 gramos en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU	37
3.5.1.	<i>Etapas de definición</i>	37
3.5.1.1.	<i>Selección del proyecto</i>	37
3.5.1.2.	<i>Carta del proyecto</i>	38
3.5.1.3.	<i>Árbol de calidad</i>	39
3.5.1.4.	<i>Diagrama del proceso de elaboración barras de chocolate amargo de 250 gramos</i> .	40
3.5.2.	<i>Etapas de medición</i>	41
3.5.2.1.	<i>Plan de recolección de datos</i>	41
3.5.2.2.	<i>Planificación de recolección de datos</i>	42
3.5.2.3.	<i>Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)</i>	42
3.5.2.4.	<i>Análisis de la capacidad del proceso</i>	46
3.5.2.5.	<i>Normalidad de los datos</i>	48
3.5.2.6.	<i>Tamaño de la partícula adecuada para el chocolate amargo en barras</i>	49
3.5.2.8.	<i>Cartas de control (X-R)</i>	52

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	53
4.1.	Etapas de análisis	53
4.1.1.	<i>Diagrama 5 porqués.</i>	53
4.1.2.	<i>Diagrama Ishikawa</i>	56

4.1.3.	<i>Matriz causa–efecto</i>	57
4.1.4.	<i>Diagrama de Pareto</i>	58
4.1.5.	<i>Análisis de las causas raíces</i>	59
4.1.6.	<i>Análisis de varianza</i>	61
4.1.6.1.	<i>Análisis de varianza por la falta de destreza del operador</i>	62
4.1.6.2.	<i>Análisis de varianza de las cascarillas</i>	64
4.1.6.3.	<i>Análisis de varianza de las mangueras de succión de cascarillas</i>	66
4.2.	Etapa de mejora	68
4.2.1.	<i>Diseño experimental</i>	68
4.2.1.1.	<i>Recolección de datos</i>	69
4.2.1.2.	<i>Formulación de hipótesis</i>	69
4.2.1.3.	<i>ANOVA</i>	71
4.2.1.4.	<i>Diagrama de Pareto</i>	72
4.2.1.5.	<i>Coefficiente de determinación R^2</i>	72
4.2.1.6.	<i>Gráfica de efectos</i>	73
4.2.1.7.	<i>Gráfica de interacción entre factores</i>	74
4.2.2.	Implementación de mejora	75
4.2.2.1.	<i>Diagrama de procesos estandarizado, para la elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g.</i>	76
4.2.2.2.	<i>Implementación de la mejora respectiva en cuanto cambio mangueras de succión ...</i> 77	
4.2.3.	Beneficios para la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU	78
4.2.3.1.	<i>Cumplimientos con los parámetros establecidos por parte de la asociación</i>	78
4.2.3.2.	<i>Reducción de la presencia de grumos</i>	79
4.2.3.3.	<i>Gráficas de medias y de rangos del proceso actual y mejorado</i>	80
4.2.3.4.	<i>Gráfica comparativa de los procesos</i>	82
4.3.	Etapa de control	83
4.3.1.	<i>Análisis de capacidad</i>	84
4.3.2.	<i>Gráfica de medias y de rango de proceso mejorado</i>	86
4.3.3.	<i>Plan de control</i>	86
CONCLUSIONES		88
RECOMENDACIONES		89
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Etapas de DMAIC	11
Tabla 2-2:	Ejemplo de carta del proyecto	15
Tabla 3-2:	Simbología del diagrama de procesos.	18
Tabla 4-2:	Índice Cp.	19
Tabla 5-2:	Requisitos de los clientes externos e internos	20
Tabla 1-3:	Descripción del personal de la asociación.	24
Tabla 2-3:	Carta del proyecto.	38
Tabla 3-3:	Diagrama de procesos de barras de chocolate amargo de 250 g.	40
Tabla 4-3:	Resumen del diagrama de procesos de chocolate amargo.	41
Tabla 5-3:	Planificación de la metodología DMAIC.	42
Tabla 6-3:	Datos para el análisis R&R.	43
Tabla 7-3:	Datos para el estudio R&R.	43
Tabla 8-3:	Análisis de la varianza de los datos.	44
Tabla 9-3:	Evaluación del sistema de medición de los datos.	44
Tabla 10-3:	Límites de especificación del producto.	46
Tabla 11-3:	Datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo.	47
Tabla 12-3:	Clasificación de chocolate amargo en barras	49
Tabla 13-3:	Tamaño de la partícula de chocolate amargo adecuada.	49
Tabla 1-4:	Matriz causa-efecto entre las variables de entrada y salida.	57
Tabla 2-4:	Datos de los operadores.	62
Tabla 3-4:	Anova de los operadores	62
Tabla 4-4:	Datos de los kilogramos de nibs con relación al tamaño de la partícula.	64
Tabla 5-4:	Anova de los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas.	65
Tabla 6-4:	Tamaño de partícula de chocolate con respecto a las mangueras de succión.	66
Tabla 7-4:	Anova de las mangueras de succión.	67
Tabla 8-4:	Datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo.	69
Tabla 9-4:	Anova del diseño experimental 2 ³	71
Tabla 10-4:	Coefficiente de determinación R ² ajustado.	72
Tabla 11-4:	Diagrama de procesos estandarizado.	76
Tabla 12-4:	Tabla resumen del diagrama estandarizado.	77
Tabla 13-4:	Datos del tamaño de partícula del chocolate amargo con el proceso actual.	79
Tabla 14-4:	Datos del tamaño de partícula de chocolate amargo con el proceso mejorado.	79
Tabla 15-4:	Datos de los límites de medias de los procesos.	81
Tabla 16-4:	Tabla de variabilidad.	82

Tabla 17-4:	Datos del tamaño de partícula de chocolate amargo	83
Tabla 18-4:	Plan de control para la asociación TSATSAYAKU.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Modelo DMAIC	10
Ilustración 2-2:	Diagrama Pareto.....	14
Ilustración 3-2:	Ejemplo de histograma.....	14
Ilustración 4-2:	Ejemplo de diagrama Ishikawa	16
Ilustración 5-2:	Ejemplo carta de control “C”	17
Ilustración 6-2:	Diagrama de flujo del proceso de cambio de color.....	18
Ilustración 7-2:	Ejemplo diagrama de árbol de calidad	20
Ilustración 1-3:	Ubicación de la Asociación de Productores de	24
Ilustración 2-3:	Barra de chocolate amargo de 250 g.....	25
Ilustración 3-3:	Nibs de cacao.....	26
Ilustración 4-3:	Té de wayusa.....	26
Ilustración 5-3:	Helados producidos por la asociación.....	27
Ilustración 6-3:	Mapa de procesos acerca de la producción de barras de chocolate amargo.....	28
Ilustración 7-3:	Proceso de fermentación mediante cajas de madera.....	29
Ilustración 8-3:	Proceso de secado de los granos de cacao en las marquesinas.....	30
Ilustración 9-3:	Proceso de clasificación de granos de cacao.....	30
Ilustración 10-3:	Proceso de tostado de los granos de cacao.....	31
Ilustración 11-3:	Proceso de descascarillado de granos de cacao.....	31
Ilustración 12-3:	Proceso de trituración de los granos de cacao restantes.....	32
Ilustración 13-3:	Proceso de molienda.....	33
Ilustración 14-3:	Proceso de refinado.....	33
Ilustración 15-3:	Proceso de extracción de la pasta de cacao.....	34
Ilustración 16-3:	Proceso de atemperado de la pasta de cacao.....	34
Ilustración 17-3:	Proceso de moldeo de las barras de chocolate amargo.....	35
Ilustración 18-3:	Almacenamiento de las barras de chocolate amargo.....	35
Ilustración 19-3:	Proceso de empaquetado de barras de chocolate amargo.....	36
Ilustración 20-3:	Proceso de sellado de las fundas de chocolate amargo.....	36
Ilustración 21-3:	Almacenamiento de barras de chocolate amargo sobre la estantería.....	37
Ilustración 22-3:	Árbol de calidad acerca de la problemática.....	39
Ilustración 23-3:	Informe del sistema	45
Ilustración 24-3:	Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)	49
Ilustración 25-3:	Análisis de capacidad del proceso.....	50
Ilustración 26-3:	Análisis de la capacidad del proceso respecto al nivel Z.....	51
Ilustración 27-3:	Gráfica X-R del proceso.....	52

Ilustración 1-4:	Diagrama 5 porqués, 2023, máquina.....	54
Ilustración 2-4:	Diagrama 5 porqués, operadores.....	54
Ilustración 3-4:	Diagrama 5 porqués, materia prima.....	55
Ilustración 4-4:	Diagrama 5 porqués, medio ambiente.....	55
Ilustración 5-4:	Diagrama 5 porqués, método.....	56
Ilustración 6-4:	Diagrama causa-efecto de las principales causas que generan los grumos. .	57
Ilustración 7-4:	Diagrama de Pareto de las causas principales.....	59
Ilustración 8-4:	Presencia de cascarillas en los nibs.....	60
Ilustración 9-4:	Mangueras de succión dañadas.....	60
Ilustración 10-4:	Limpieza de máquinas.....	61
Ilustración 11-4:	Varianza de operadores.....	63
Ilustración 12-4:	Gráfica de cajas con respecto a los operadores.....	63
Ilustración 13-4:	Varianza de días con presencia de cascarillas.....	65
Ilustración 14-4:	Gráfica de cajas de cascarillas.....	66
Ilustración 15-4:	Gráfica de intervalos con respecto a las mangueras de succión.....	67
Ilustración 1-4:	Gráfica de cajas con respecto a las mangueras de succión de cascarillas. ...	68
Ilustración 17-4:	Gráfica de efectos principales del tamaño de partícula chocolate amargo...	73
Ilustración 18-4:	Gráfica de interacción entre factores con respecto al tamaño de partícula. .	74
Ilustración 19-4:	Gráfica de intervalos de las tres variables.....	75
Ilustración 20-4:	Cambio de mangueras de succión.....	77
Ilustración 21-4:	Comparativa entre mangueras de succión.....	78
Ilustración 22-4:	Presencia de grumos en el chocolate amargo.....	79
Ilustración 23-4:	Tamaño óptimo de la partícula de chocolate amargo.....	80
Ilustración 24-4:	Gráfica de medias y rangos del proceso actual.....	80
Ilustración 1-4:	Gráfica de medias y rangos del proceso mejorado.....	81
Ilustración 26-4:	Gráfica comparativa entre procesos.....	82
Ilustración 27-4:	Análisis de capacidad del proceso mejorado.....	84
Ilustración 28-4:	Análisis de capacidad con respecto al nivel Z.....	85
Ilustración 29-4:	Gráfica de medias y de rango del proceso mejorado.....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MEDICIÓN DE LA PARTÍCULA DE CHOCOLATE AMARGO MEDIANTE EL MICRÓMETRO

ANEXO B: MANGUERAS DE SUCCIÓN DAÑADAS DE LA DESCASCARILLADORA

ANEXO C: DESMONTAJE DE LAS MANGUERAS DE SUCCIÓN DAÑADAS DE LA MÁQUINA DESCASCARILLADORA

ANEXO D: COLOCACIÓN Y AJUSTE DE ABRAZADERAS A LAS MANGUERAS DE SUCCIÓN

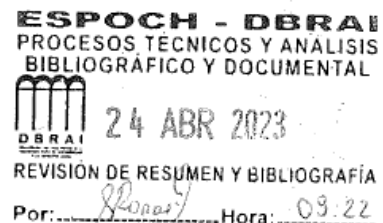
ANEXO E: MANGUERAS DE SUCCIÓN NUEVAS DE LA MÁQUINA DESCASCARILLADORA

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue implementar la metodología DMAIC en el proceso productivo de chocolate amargo en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU. Inició con la etapa de definición, donde, con la carta del proyecto, se determinó que la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g era la principal problemática, seguidamente en la etapa de medición, se registraron los datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo, luego en la fase de análisis se utilizó las siguientes herramientas: 5 porqués, diagrama Ishikawa, matriz causa efecto, diagrama de Pareto y análisis de varianza, con el fin de determinar los factores más influyentes de la problemática. Después, en la etapa de mejora se determinó que el mejor tratamiento para elaborar un producto con menor presencia de grumos es: utilizar la cantidad de 24 Kg de nibs (grano de cacao triturado y sin cáscara), con las mangueras de succión nuevas y mediante el método de elaboración de Kimberly. Por último, en la fase de control, se registraron datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo, en donde mediante las cartas de control se observó que el proceso era estable. Como resultado se obtuvo una reducción del 46% de los grumos, y a su vez la mayor parte del tamaño de partícula de chocolate amargo cumplió con los límites establecidos por la asociación. Se concluyó que hay tres factores principales para reducir la presencia de grumos: falta de destreza del operador, mangueras de succión dañadas y cascarillas de cacao. Para la elaboración de un producto de calidad se debe basar en los resultados obtenidos en la fase de análisis, así como también se debe considerar el plan de control realizado para mantener a través del tiempo la mejora implementada.

Palabras clave: <METODOLOGÍA DMAIC>, <PROCESO PRODUCTIVO>, <CHOCOLATE AMARGO>, <REDUCCIÓN DE GRUMOS>, <TAMAÑO DE LA PARTÍCULA>.

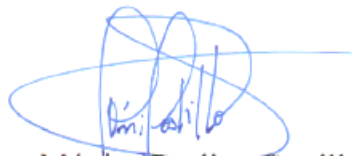
0836-BDRA-UPT-2023



SUMMARY

The objective of this degree research was to implement the DMAIC methodology in the production process of bitter chocolate in Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU. It began with the definition stage, where, with the project charter, it was established that the existence of lumps within the 250 g bitter chocolate bars was the main problem, then in the measurement stage, the bitter chocolate particle size data was recorded, followed by the analysis stage where 5 tools were implemented: 5 whys, Ishikawa diagram, cause and effect matrix, Pareto diagram and analysis of variance, in order to determine the most influential factors of the problem. Later, in the improvement stage, it was established that the best treatment to produce a product with less presence of lumps is: to use 24 kg of nibs (crushed cocoa beans without shells), with new suction hoses and using the Kimberly processing method. Finally, in the control phase, data were recorded on the particle size of the bitter chocolate, where control charts showed that the process was stable. As a result, a 46% reduction of lumps was obtained, and at the same time most of the bitter chocolate particle size complied with the limits established by the association. It was concluded that there are three main factors to reduce the presence of lumps: lack of operator skill, damaged suction hoses and cocoa husks. For the elaboration of a quality product, the results achieved in the analysis phase should be taken into account, as well as the control plan carried out to maintain the implemented improvement over time.

Key words: <METHODOLOGY DMAIC> <PRODUCTIVE PROCESS> <BITTER CHOCOLATE> <REDUCTION OF LUMPS> <PARTICLE SIZE>.



Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.

C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

En la actualidad varias asociaciones o empresas buscan desarrollar formas de control de producción, debido a que esta herramienta permite monitorizar, optimizar y maximizar la producción en tiempo y forma, de esta manera se puede administrar los recursos de manera eficiente, al igual que, asegurar la calidad de los productos. Además, el control de producción también beneficia a los fabricantes a identificar y corregir los problemas de producción antes de que se conviertan en una pérdida de tiempo y dinero. Por esta razón, es importante implementar una metodología que permita mejorar la calidad de los productos, asegurar los estándares de seguridad y reducir los riesgos en el proceso de fabricación.

La mayoría de las empresas ecuatorianas utilizan un proceso de calidad estricto para la elaboración de chocolate amargo, empezando con la selección de los mejores granos de cacao para asegurar la máxima calidad del producto. Luego se realiza la mezcla y molienda para obtener una masa homogénea, la cual se somete a varias pruebas para verificar su calidad y sabor. Después de esto, el chocolate se envía a moldes especiales, donde se forma la barra de chocolate. El producto final se somete entonces a una rigurosa inspección de calidad para verificar la apariencia, aroma, sabor y textura del producto.

En cuanto a la reducción de fallas o problemas en un producto la metodología DMAIC es la que prevalece sobre las demás, pues, esta mediante herramientas estadísticas define, mide, analiza, implementa y controla, para que los productos que se elaboran bajo esta modalidad obtengan los mejores estándares de calidad, al igual que el nivel de defectos sean los menores, mejorando así el nivel de percepción de los clientes hacia el producto y, por ende, también hacia la empresa o asociación.

La Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, ha detectado la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, esto debido a que no se tiene un proceso controlado, lo que genera un tamaño de partícula de chocolate amargo fuera de los parámetros establecidos por la asociación, los cuales son: (12-15) micras, obteniendo así una formación de grumos visibles y, por ende, una calidad de producto baja, por lo cual es de suma importancia, dar las mejores soluciones a la problemática establecida.

Por tal razón, el trabajo de titulación presente desarrolla la implementación de la metodología DMAIC en el proceso productivo de chocolate amargo en la Asociación de productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, enfocado en reducir la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, el cual posee de cuatro capítulos que se explicarán a continuación:

Capítulo I. Explora en el diagnóstico del problema, fundamenta la justificación y se establece objetivos con el fin de implementar la metodología DMAIC en el proceso productivo de chocolate amargo.

Capítulo II. En esta sección se fundamenta el marco teórico, la cual es una recopilación de conceptos y conocimientos obtenidos de diversos estudios previos y organizados de forma clara con el objetivo de orientar a la comprensión del tema que se aborda.

Capítulo III. Abarca el marco metodológico, el cual comprende las dos primeras etapas de la metodología DMAIC, que consiste en definir el problema relacionado a la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g y la medición de datos del tamaño de partícula de chocolate amargo.

Capítulo IV. Incluye los resultados, los cuales describen las tres últimas etapas de la metodología DMAIC: análisis de las causas de la problemática, implementación de las mejoras respectivas y control del proceso mejorado.

Para finalizar el presente trabajo de investigación se describe las conclusiones como: la determinación de las principales causas raíces de la problemática, implementación de las mejores soluciones, tales como la elaboración del producto bajo el método de Kimberly con una cantidad de 24 kilogramos de nibs y la incorporación de mangueras nuevas a la máquina descascarilladora, entre otras. Asimismo, recomendaciones como: examinar el proceso de producción de la barra de chocolate amargo de 250 g, teniendo en consideración los conocimientos de los operarios, para definir de mejor manera la problemática, analizar los datos en cuanto al tamaño de partícula para determinar patrones y tendencias, así como también la implementación de herramientas o métodos apropiados para identificar las causas raíces del problema, entre otras.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

A nivel internacional en varios países de América latina y el Caribe, el cultivo de cacao es primordial para alrededor de 350 mil hogares que son productoras, además; de 1,7 millones de personas que son beneficiaras directamente, por ende, para los productores y demás personas que intervienen en el sector es un sustento en el ámbito socioeconómico (Wuellins et al., 2019, p.9).

De esta manera, una vez cultivada y a su vez obtenido el grano de cacao por los productores, empieza la etapa la venta en el mercado interno o externo, sea como materia prima, semielaborado o como producto totalmente terminado. El principal producto elaborado de cacao, es el chocolate que ha tenido un gran auge a nivel mundial (Wuellins et al., 2019, p.10).

En la actualidad, el consumo de alimentos saludables, es un flujo en continuo crecimiento debido a que se requiere productos con menor cantidad de azúcar. Esto debido a que, a nivel internacional en el 2017, el impacto en ventas disminuyó de manera drástica, con alrededor de un 33%. Por tanto, las empresas comienzan a enfocarse en otros nichos de mercados ofreciendo productos de calidad y más sanos. De este modo, el cambio de costumbre en la población en mercados como Europa y América se refleja en el incremento de consumo de chocolate amargo(negro) con alrededor de 3,3% y 5,1 % respectivamente (Wuellins et al., 2019, p.12). El consumo de chocolate Premium (mayor porcentaje de cacao), así como también de chocolate amargo o negro ha incrementado entre los años 2011 y 2015 con un 73% a nivel mundial.

El proceso de elaboración de chocolate parte desde la zona de tostado con los granos de cacao para erradicar las impurezas presentes en estos, seguidamente pasa al proceso de molienda en donde se muele los granos tostados con el fin de separar las cáscaras de los nibs (grano de cacao triturado y descascarillado). Después de esto, continúa el proceso de prensado, en la cual mediante la prensa hidráulica separa la manteca de cacao de la parte seca, posteriormente, en el proceso de mezclado mediante la amasadora se mezcla la manteca de cacao, pasta de cacao, leche y azúcar, esto si se requiere fabricar un chocolate con leche. De igual manera, en el proceso siguiente correspondiente al molino fino con la pasta adquirida anteriormente es dirigida a través de la refinadora, la cual busca reducir el tamaño de las partículas sólidas en 25 micras. A continuación, en el proceso de conchado; se calienta a una temperatura aproximada a 80° C la masa de chocolate, luego, en el proceso de templado se busca disminuir la temperatura del chocolate que

se logró en el conchado de tal manera que la cristalización de la manteca de cacao sea minúscula. Después, en el proceso de moldeado se vierte la masa líquida de chocolate en moldes, los cuales son introducidos en un túnel de enfriamiento para endurecer el chocolate a temperaturas bajas. Por último, en el proceso de envasado los chocolates totalmente terminados se trasladan a empaquetadoras para ser envueltas en sus presentaciones finales (De la cruz et al., 2018, pp.14-15).

Asimismo, entre los años 1961 a 2016, la comercialización de cacao en promedio a nivel mundial, fue de 3,17 millones de toneladas. Además, el auge de exportación empieza desde los años 2000, con alrededor de 5,18 millones de toneladas de cacao: en forma de polvo, manteca de cacao, almendra seca y pasta. (Wuellins et al., 2019, p.1)

El Ecuador cuenta con el 62% del mercado mundial de participación de cacao fino y aroma, beneficiando con trabajo a cien mil familias que se dedican al cultivo, conservando los niveles de producción con el sustento generado por MAGAP, al establecer políticas públicas que reactivaron al sector implementadas desde 2011.(Egas Cruz, 2017, pp.17). Por tal razón, el cacao ecuatoriano en especial el fino de aroma, es uno de los mejores a nivel mundial; debido a su gran calidad y diferencia con respecto a otros cacaos del resto del mundo.(González Ilescas et al., 2018, pp.146)

Debido a la gran calidad del cacao ecuatoriano, en Manabí, se produce la tabletag de chocolate más caro del mundo siguiendo los parámetros de calidad en el proceso y sostenibilidad ambiental, ya que se elige cuidadosamente la semilla con la que se va a realizar el procesamiento de chocolate. (González Ilescas et al., 2018, pp.146)

El cacao de calidad Premium ecuatoriano; que se refiere a un gran porcentaje de cacao puro que se cosecha en fincas y posee características especiales, se exporta no en grandes cantidades con empresas transnacionales, sino mediante pequeños productores a Europa y Estados Unidos. Asimismo, la tableta de chocolate que se elabora en Manabí a un precio de \$345, debido a su gran calidad y cuidados en el proceso de fabricación del producto, se venden en grandes en tiendas exclusivas del Europa, Estados Unidos y Asia en formas de tabletas. (González Ilescas et al., 2018, p.146)

En el año 2020, por la pandemia el país sufrió en el ámbito productivo, en especial en las provincias de Pichincha y Guayas, por lo cual supondría una gran pérdida en el campo de producción de cacao y, por ende, también de sus productos derivados. Pero este no fue el caso debido al incremento de cultivos en las distintas provincias que se venían realizando desde años anteriores, asimismo la exportación en cuanto a la cadena de cacao aumento 60 000 toneladas más que el año anterior.(Pico-Pico et al., 2021)

En el país existen pocas organizaciones de productores agrícolas que han logrado una sostenibilidad adecuada en el sector cacaotero, uno de los ejemplos al día de hoy es la asociación Kallari; ubicada en la provincia de Napo, la cual empezó hace 20 años con la idea de mercantilizar el cacao fino de aroma a nivel nacional e internacional, con productos cultivados y elaborados por la gente nativa de la zona, tal es el caso, como el chocolate amargo y dulce (Benalcázar Elizabeth, 2018, p.5).

La organización presta servicios como: entrega de recursos a sus socios, capacitación técnica productiva y comercializadora de los productos como materia prima (cacao en grano) y chocolate amargo, beneficiando así a la entidad para que sea sostenible financieramente y a su vez favorables en el ámbito social.(Benalcázar Elizabeth, 2018, p.5)

En el ámbito local, la Asociación de productores de cacao de Arosemena Tola es una organización que cuenta con socios, quienes cultivan en gran parte el cacao fino de aroma, para así beneficiarse a través de la venta de sus productos, en este caso el grano de cacao.(Taco, 2018, p.3)

Asimismo, la asociación se dedica en gran parte a la fabricación de su producto principal que es el chocolate, ya sea amargo o dulce, al igual que también de pasta de cacao. El proceso de elaboración chocolate consiste desde la etapa fermentación, secado, Tostado, descascarillado, molido, refinado, atemperado, moldeado, refrigerado y empacado. Para luego, ser comercializado en forma de tabletas ya sea de chocolate dulce o amargo, las actuales presentaciones son de 250 g y 450 g.

Por último, esta entidad también comercializa helados de chocolate, pasta de cacao, manteca de cacao que se fabrica en pocas ocasiones bajo pedido, al igual que los nibs y wayusa triturada. Actualmente, la asociación exporta una gran cantidad de pasta de cacao a nivel internacional, debido al gran éxito del grano de cacao fino de aroma (Taco, 2018, p.3).

1.2. Planteamiento del problema

Hoy en día la producción de chocolate amargo tiene un auge importante, debido a que se está exportando grandes cantidades a nivel mundial, con más razón si el cacao y chocolate ecuatoriano es uno de los mejores.

La asociación de productores de cacao de Arosemena Tola “Tsatsayaku” es una organización de economía popular, que elabora y comercializa como principales productos, barras de chocolate amargo y dulce, así como también en gran medida la pasta de cacao; esta última se exporta a

Europa, sin embargo, el licor o pasta se realiza bajo pedido, por tal razón, la producción de este producto es limitado.

En este sentido, la asociación actualmente presenta problemas en la línea de barras de chocolate amargo de 250 g, cuyo producto final contiene la presencia de pequeños grumos, los cuales causan un sabor desigual y desagradable, también afectan a la textura y apreciación del producto. Los grumos se producen debido a que el tamaño de la partícula no es el adecuado, pues, no cumplen con los parámetros establecidos por la asociación (12-15) micras, lo cual influye en la calidad del producto y a su vez genera una inconformidad por parte de los clientes, los mismos que podrían aumentar sino se analizan, miden, mejoran y controlan los procesos de fabricación en un futuro inmediato.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El presente proyecto técnico, busca mediante la utilización de la teoría y conceptos acerca de la Metodología DMAIC; encontrar las mejores soluciones a la problemática del tema (grumos presentes en las barras de chocolate amargo de 250 gramos), para la mejora de calidad del producto, en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola “Tsatsayaku”.

1.3.2. Justificación metodológica

Para implementar la técnica establecida es importante saber, cuáles serán las variables de interés, en este caso la variable principal la compone la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, la cual se buscará disminuir en el proceso de elaboración del producto.

De esta manera, el desarrollo del trabajo estará constituida mediante la metodología DMAIC, partiendo desde la determinación de las características críticas de calidad a través del uso de la fase de definición, seguidamente, mediante la recolección de datos se buscará diagnosticar la variable crítica de calidad, a través de técnicas estadísticas. Después, se analizará los orígenes del problema, lo cual es la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g. A continuación, se implementará medidas que solucionen los principales problemas encontrados en la fase de análisis en el proceso de elaboración de las barras de chocolate amargo. Por último, se buscará controlar las mejoras implementadas mediante el uso de cartas de control.

De la misma forma, para la ejecución de este proyecto se realizará una investigación de campo y exploratoria con el fin de observar los problemas que causan la generación de grumos en los productos, y así implementar las mejores soluciones.

1.3.3. Justificación práctica

En la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola “Tsatsayaku”, mediante la aplicación de la metodología DMAIC en el procesamiento de las barras de chocolate amargo de 250 g, se busca reducir o eliminar la presencia de grumos, con lo cual se consigue una mejora de calidad del producto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar la metodología DMAIC en el proceso productivo de chocolate amargo en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características críticas de calidad a través del uso de la fase de definición de la metodología DMAIC, buscando interpretar la voz del cliente.
- Recolectar datos para diagnosticar la variable crítica de calidad, a través de técnicas estadísticas.
- Analizar los orígenes de los problemas del proceso de elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g.
- Implementar medidas que solucionen los principales problemas encontrados en la fase de análisis en el proceso de elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g.
- Evaluar las mejoras implementadas mediante el uso de cartas de control.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según, Ríos et al, (2019) en su tesis denominada “MEJORA DEL PROCESO CONTINUO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN CHOCOLATERA DE UNA EMPRESA ALIMENTICIA” en la cual los autores, aspiran mediante la investigación encontrar los problemas que afectan el bajo rendimiento de banano cubierto con chocolate en la en el área chocolatera, con el fin de obtener una mejora de productividad en la línea de procesamiento del producto, y no solo enfocarse en lo que el cliente requiere, sino establecer parámetros de calidad, que garantice un mejor rendimiento (Gabriela Plúas Ríos et al., 2019, p.4).

Asimismo, las técnicas de investigación son cuantitativas y cualitativas, debido a que se utiliza la metodología DMAIC, en donde en la fase de definición; se utiliza la herramienta de calidad como diagrama Ishikawa, al igual que, una recolección de datos de los últimos meses del año, esto para definir la principal problemática. Seguidamente, en la fase de medición se utilizan las herramientas de calidad como: Diagrama de Pareto, cartas de control, diagramas de flujos, en donde se logra determinar a base de recolección de datos que la principal problemática está en la etapa de pesado y envasado. De igual manera, en la etapa de análisis, se realizan observaciones a profundidad mediante asimilaciones de diagramas, pruebas de medias, determinación de rendimiento y el análisis Anova, que busca identificar el porcentaje de participación en la baja calidad del producto, ya sea por la falla del instrumento u operador. En la fase de mejora, la implementación de soluciones es uno de los puntos importantes de la metodología que se realizan gracias a la lluvia de ideas, determinación de rangos permitidos que se utilizarán para un mejor producto. Por último, en la etapa de controlar; se realiza un seguimiento de las mejoras implementas mediante cartas de control de los pesos de los empaques(Gabriela Plúas Ríos et al., 2019, pp.4-5).

De este modo, como resultados de la implementación de la metodología DMAIC, a través de la estadística descriptiva con flujogramas y distintos diagramas, se logró determinar que en la etapa de pesado y envasado es en el cual ocurrieron el número de mayores inconformidades en el área chocolatera, ya que los empaques mal sellados e incompletos representaban el 80% de los inconvenientes, debido a la mala calibración de la máquina de control de rayos X. Por ende, se realizó las mejoras correspondientes en todo el proceso de cubrimiento de chocolate con banano,

logrando incrementar un 56% de producción neta, al igual que, estandarizar parámetros e instaurar rangos de materia prima y controlar los límites de las características del producto (Gabriela Plúas Ríos et al., 2019, p.1).

De acuerdo a Castaño Morales (2018), en su tesis denominada, “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL PORTER” en la cual el autor, busca mediante la aplicación de la metodología DMAIC; proponer un plan para disminuir las causas potenciales presentes en la producción de cerveza artesanal “Porter”(Castaño Morales, 2018, p.5).

El trabajo es de tipo descriptivo, donde se busca características y fases del proceso o cualquier otra cualidad que se someta a observaciones a través de la medición y relación, al igual que, la recopilación de información de los procesos de elaboración de la cerveza artesanal.

Asimismo, las etapas dentro de este trabajo se dividen en las siguientes:

Fase I: Representación del sistema de fabricación, a través de diagramas como: procesos, SIPOC y balance de materia y energía (Castaño Morales, 2018, p.45).

Fase II: Medición de las causas potenciales, mediante cartas de control X-R, análisis de normalidad y análisis de las variables cuantitativas.

Fase III: Análisis de las causas raíces principales que afectan a la producción artesanal de cerveza, a través de los diagramas como: Pareto, Ishikawa, al igual que, la aplicación de las metodologías AMEF, 5 S, entre otras (Castaño Morales, 2018, p.45).

De esta manera, mediante las cartas de control X-R, permitieron identificar las principales problemáticas en las etapas de procesamiento de cerveza artesanal, enfocándose principalmente en la variabilidad de pH y color. La problemática del nivel de pH al finalizar el procesamiento de la cerveza, se da debido a que existen salidas de los límites de control, rebasando los valores de 3, 8 y 4,4; que son los parámetros establecidos por la BJCP, y así faltando la responsabilidad de la empresa de ofrecer un producto de calidad. Por otro lado, el color, si bien existe estabilidad en la carta de control X; en la carta de control R, existen períodos en los cuales el nivel se mantiene firme, pero de manera impetuosa tiende a variar de manera considerada (Castaño Morales, 2018, p.98).

De este modo, como principales conclusiones y resultados de la ejecución del diagrama Ishikawa, se diagnosticó que la falta de registros e inspecciones al proceso que representan el 20%, se deben a 5 razones, como el entorno laboral, materiales, equipos de trabajo y la carencia de documentos de métodos laborales. Asimismo, la falta de mantenimiento que representa el 75%, se debe en gran medida a la falta de técnicas, métodos, equipos adaptados y arreglados con repuestos no originales. Por último, mediante la aplicación de la herramienta 5 S, se identificó que las causas

potenciales se deben en gran medida a la falta de interés de los dueños del negocio, así como también, de la falta de parámetros de trabajo, carencia de distribuir funciones laborales a los empleados y una pésima distribución de tiempo (Castaño Morales, 2018, p.99).

2.2. Definición de la metodología DMAIC y Six Sigma

La metodología DMAIC consiste en 5 fases: definir, medir, analizar, implementar y controlar, el cual tiene como propósito encontrar las principales causas de las falencias o problemáticas en la producción de un producto. De esta forma, reducir o erradicar las variaciones en la producción; y así ofrecer las mejores soluciones que simplifique las pérdidas en la cadena de producción (Blandón López, 2021, p.31).



Ilustración 1-2: Modelo DMAIC

Fuente: (Zabaleta Moreno, 2017).

De la misma manera, Six Sigma es método cauteloso que busca aprovechar de mejor manera los recursos utilizados en la producción de un producto, al igual que, valorar y controlar la productividad del proceso; disminuyendo los defectos por millón que se presentan en la cadena de producción; por lo que incrementa las ganancias e ingresos y mejora la satisfacción del cliente (Blandón López, 2021, p.31).

Uno de los principales puntos que tiene en cuenta six sigma, es la satisfacción y los requerimientos que el cliente necesita, para así definir los defectos que se presentan en la producción e implementar las mejoras convenientes y el monitoreo de la inspección de procesos, sin necesidad de ejecutar soluciones eventuales (Blandón López, 2021, p.31).

En el transcurso de los años se han implementado diversas metodologías para la mejora de producción y eliminación de desperdicios, uno de ellos es la metodología six sigma, la cual consiste en reducir costos de mala producción, desperdicio de materia prima, para mejorar los

procesos fuera de control y mejorar la satisfacción de cliente con resultados convenientes (Carrillo-landazabal et al., 2022, p.7).

La metodología DMAIC en los procesos de producción es un método ordenado y organizado, fundamentado en la implementación de una hipótesis experimental y su posterior evaluación, para confirmar o rechazar la premisa anteriormente propuesta. Asimismo, esta metodología radica en definir la problemática que presenta un proceso de producción, medir, analizar, proponer progresos, y también el control de la mejora productiva implicada (Carrillo-landazabal et al., 2022, p.18).

Tabla 1-2: Etapas de DMAIC

Definir	Esta primera etapa está orientada a la comprensión del problema y sus consecuencias económicas.
Medir	La segunda etapa correspondiente a la metodología DMAIC, en esta “se desarrolla y aplica un procedimiento de recogida de aquellos datos que nos permitan medir la importancia y gravedad del problema.
Analizar	En esta tercera etapa, “ante los resultados obtenidos en la etapa anterior, se lleva a cabo un análisis donde se llega hasta las causas primeras que han originado el problema”.
Mejorar	En esta cuarta etapa, el paso consiste en proponer y seleccionar las propuestas de mejorar para dar solución al problema en la que se ve enfrentada la organización.
Controlar	Con esta última etapa se busca elaborar procedimientos o estrategias que permitan controlar la mejorar, se definen controles para asegurarse que las mejoras que fueron aplicadas se mantengan en la organización.

Fuente: (Carrillo-landazabal et al., 2022).

En la década de los 80, la empresa Motorola desarrolla el modelo Six Sigma; con la finalidad de mejorar los procesos de productividad y disminuir la variabilidad que se encontraba en la producción, encabezado por el directivo de la empresa, Dr. Mikel Harry, el cual indagó métodos que le accedieran una mejora en los resultados de producción y una estrategia de mercado (Desimavilla Espinoza, 2021, p.18).

De esta manera, se implementó esta metodología en la empresa con cuatro fases iniciales: Medir, analizar, mejorar y controlar el proceso productivo. Asimismo, se evidenció la variabilidad en el proceso productivo, encontrando las causas raíces del problema, y posteriormente; desarrollando las mejoras respectivas, como implementar equipos de trabajo productivos y manejando herramientas de calidad para evaluar la satisfacción del cliente (Desimavilla Espinoza, 2021, p.18).

De la misma forma, la metodología DMAIC; tiene como finalidad la mejora de procesamiento de un producto, con la finalidad de mejorar la eficiencia a través de las herramientas de calidad en un conjunto de datos con un nivel seis sigma, permitiendo reducir las variabilidad y desviación estándar de los datos iniciales (Desimavilla Espinoza, 2021, p.18).

2.2.1. Fase definir

En la primera etapa de la metodología DMAIC, se halla el proceso que se va a mejorar, así como también, es la fase en donde se determinan los recursos que van utilizar en el proyecto, el modelo de conservación de los six sigma solicitados por el cliente y los beneficios del proyecto.

La primera etapa de cómo se va a definir los detalles anteriores, es a través de:

- Flujograma de proceso.
- Diagrama SIPOC.
- Definiciones CTQ.
- Recolección de VOC (voz del cliente).
- Carta de equipo (Desimavilla Espinoza, 2021, p.19).

2.2.2. Fase medir

En esta fase se detallan los principales problemas existentes, además, se determina el estado de situación inicial del proceso con mediciones confiables y que concedan autenticidad al sistema, afianzando que los datos recolectados sean los pertinentes, para la toma de las mejoras soluciones en el proceso.

Asimismo, esta etapa de cómo se va a medir los detalles anteriores, es a través de:

- Plan de recolección de datos.
- Análisis del sistema de medición.
- Recolección de voz del cliente.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Benchmarking (Desimavilla Espinoza, 2021, p.20).

2.2.3. Fase analizar

De igual manera, en esta fase se efectúa el análisis de los datos recolectados en la anterior fase y precisar las variables con mayor interferencia en el proceso. De esta forma, se permite excluir las variables que más afectan al proceso, de las menos importantes.

De igual forma, en esta etapa de cómo se va analizar los detalles anteriores, es a través de:

- Diagrama de Pareto.
- Histograma.
- Análisis de regresiones.
- Diagrama Ishikawa.
- FMEA.
- 5S.

- Prueba de hipótesis (Desimavilla Espinoza, 2021, p.21).

2.2.4. Fase de mejora

En esta penúltima fase de la metodología, se ratifica que la mejora implementada del problema con mayor porcentaje de la etapa anterior, alcanza los objetivos y metas programadas.

De la misma manera, en esta etapa de cómo se va a plantear las mejores soluciones en el proceso, es a través de:

- Diseño de experimentos
- Técnica de lluvia de ideas
- FMEA
- Matrices de prioridades
- Software de simulación
- QFD (Desimavilla Espinoza, 2021, p.22).

2.2.5. Fase controlar

En esta fase final de la metodología DMAIC, se debe controlar las mejoras implementadas con el fin de no recaer nuevamente en los anteriores problemas, además, se lleva a cabo las últimas soluciones que aparecieron en el proceso. A la vez, las soluciones ejecutadas se deben compartir con otros departamentos.

Por último, en la etapa de cómo se va a controlar las mejores soluciones en el proceso, es a través de:

- Cartas de control.
- Cálculo de ahorro y costos.
- Plan de control.
- Cálculo de nivel sigma del proceso (Desimavilla Espinoza, 2021, p.23).

2.3. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica de barras ordenadas desde su mayor afluencia a menor, en la cual cada barra representa la gravedad que tiene cada variable. De esta manera, la finalidad es presentar datos e información, que faciliten una mejor observación de los problemas con mayor peso y que a su vez, causan más pérdidas en la producción, para así, disminuir su nivel de influencia en el proceso (Castaño Morales, 2018, p.39).

De la misma forma, el método ABC clasifica sus mercancías dentro de los depósitos de acuerdo a la importancia para la empresa, ya sea por su valoración y rotación. Asimismo, este sistema se

fundamenta en el principio de Pareto o también 80/20, la cual señala que el 20% de las causas son responsables del 80% de los problemas (Pesapera Peña, 2021, p.36).

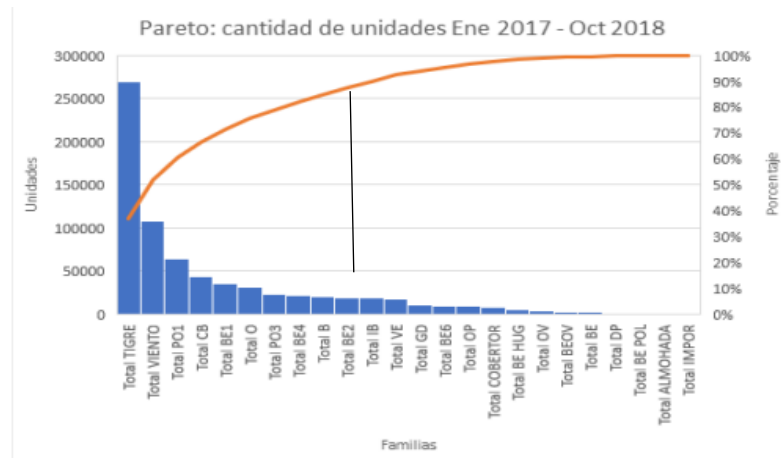


Ilustración 2-2: Diagrama Pareto.

Fuente: (Ibarra-Albuja & Berrazueta Lanas, 2019).

2.4. Histograma

Dentro de la metodología DMAIC, una de las herramientas que también se utilizan es el histograma, debido a su gran importancia en detectar las reiteraciones de los eventos. También se lo define como gráfica de barra de datos numéricos asociados representados en forma individual, en donde la variable se coloca en el eje de las abscisas (X), en cambio, en el eje de las ordenadas (Y), se representa las repeticiones por intervalos de clase de los valores (Castaño Morales, 2018, p.39).

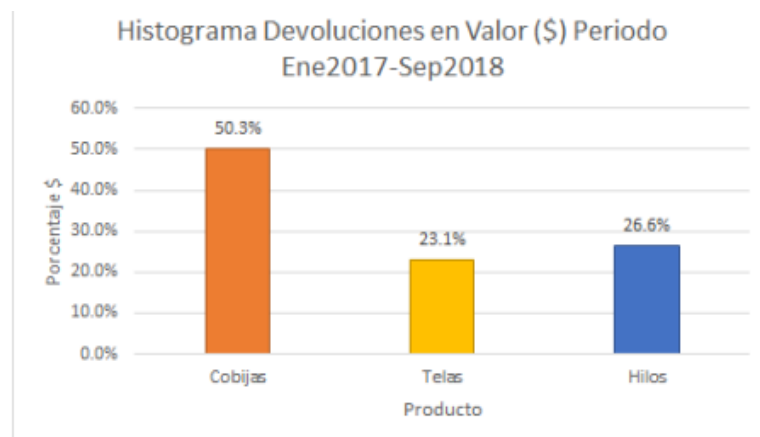


Ilustración 3-2: Ejemplo de histograma.

Fuente: (Ibarra-Albuja & Berrazueta Lanas, 2019).

2.5. Carta de proyecto

Este documento contiene los detalles cruciales vinculados al proyecto, incluyendo la conformación de un equipo de trabajo y la preparación de cartas del proyecto. Estas dos partes son esenciales para certificar que se haya determinado correctamente el problema (Santander, 2022,p.12).

El Project Chárter presenta un análisis de caso de negocio, el cual incluye: la descripción del problema, los propósitos establecidos, los límites del proyecto, responsabilidades de cada participante y función (Santander, 2022,p.12).

Tabla 2-2: Ejemplo de carta del proyecto

Documento #	Fecha real fin			
1. CASO DE NEGOCIO				
Como compañía, el desempeño de nuestro (indicador estratégico) para el área de (escribir área) no está cumpliendo la meta de (escribir meta). Esto está causando problemas de (escribir problemas) los cuales suponen anualmente un costo aproximado de: (escribir cantidad).				
2. PROPÓSITO (CTQ a mejorar)				
CTQ	Línea base			
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO				
CTQ	Línea base	Objetivo	Ahorro	
4. ALCANCE				
5. ROLES Y RESPONSABILIDADES				
	Nombre	Correo electrónico	Teléfono/Movil	
Campeón:				
Patrocinadores:				
Líder:				
Miembros del equipo:				
6. RECURSOS				
7 MÉTRICOS				
Núm.	Métrico	Actual	Objetivo	Comentario
Elaborado por:		Fecha:		Firma:
Aprobado por:		Fecha:		Firma:

Fuente: (Escobedo & Socconini, 2021) .

2.6. Diagrama causa-efecto

Este diagrama es también conocido como diagrama Ishikawa, la cual es una herramienta de calidad que ayuda analizar de manera organizativa todos los posibles motivos que pueden producir alteraciones al proceso, y a su vez dañar la calidad del producto, razón por cual se deben reparar los obstáculos que se presenten o se antepongan.

Asimismo, su estructura se fundamenta en una espina central que hace referencia a la problemática y su consecuencia sobre calidad, para luego separarse las causas principales, para lo cual se proceden a seguir tres procedimientos: distribución de las causas, etapas del proceso o listado de las causas (Castaño Morales, 2018, p.41).

2.7. Los 5M

Dentro de la espina central del diagrama se categorizan en cinco clases:

- **Método**

Se trata acerca de los procedimientos existentes como formas de operación, desarrollo, entre otros.

- **Material**

Aspectos convenientes para el proceso, como: electricidad, agua, materia prima, entre otras.

- **Medio ambiente**

Se trata acerca del entorno laboral, zonas verdes, que pueden causar una colisión al proyecto.

- **Mano de obra**

Personal implicado en el proceso y la disposición del personal.

- **Maquinaria**

Abastecimiento indispensable para el proyecto, como equipos, maquinaria, tecnología, equipos de planta, maquinarias. En esta sección por lo general se requiere de financiación (Blandón López, 2021, p.24).

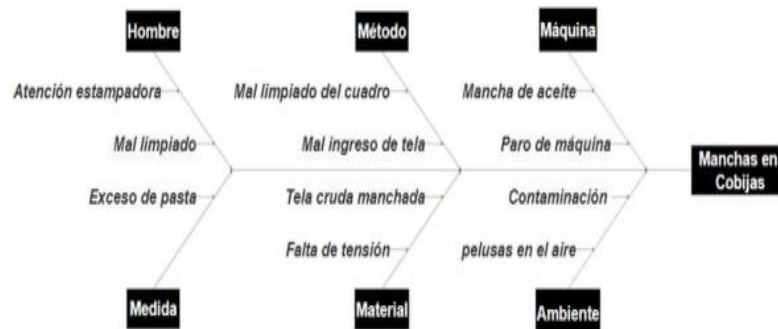


Ilustración 4-2: Ejemplo de diagrama Ishikawa

Fuente: (Ibarra-Albuja & Berrazueta Lanas, 2019).

2.8. Cartas de control

Es una herramienta que permite examinar la variabilidad en gran parte de los procesamientos, el propósito de la herramienta es descubrir cuando se da la variabilidad en la fabricación de un producto por las causas asignables, para lo cual se emplea una gráfica, en donde se observa si el proceso está controlado o fuera de los límites de control establecidos. Por ende, se establecen 3

componentes para su construcción: Límite de control superior (LCS), Límite central (LC), límite de control inferior (LCI) (Castaño Morales, 2018, p.33).

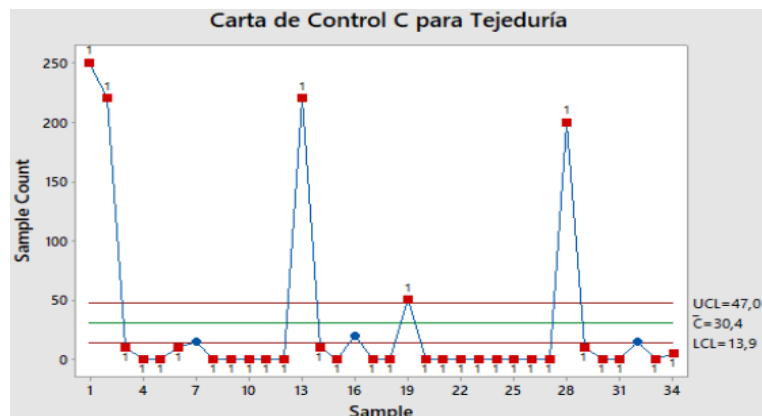


Ilustración 5-2: Ejemplo carta de control “C”

Fuente:(Ibarra-Albuja & Berrazueta Lanás, 2019).

Las cartas de control se catalogan en dos grandes grupos para su ejecución:






- **Cartas de control por atributos:** la particularidad medible de este tipo de cartas es que no pueden ser medidas en una escala cuantitativa, por lo cual se señala si la unidad investigada se ajusta a las especificaciones constituidas. Los tipos de cartas más utilizadas en esta clase son: np, u, p y c.
- **Cartas de control por variables:** la particularidad de esta clase de carta es que se analiza una variable cuantitativa medible numéricamente como: diámetro peso, entre otros. Por lo que, los tipos de cartas normalmente utilizadas en esta categoría son: rangos móviles, media y rango y carta de valores.
- Adicionalmente, a estas dos categorías de cartas se tienen dos tipos extras de cartas las cuales son:
 - **Carta p:** señala la variabilidad en la fracción de artículos defectuosos por subgrupo o muestra.
 - **Carta np:** se utiliza para observar o analizar el número de defectos por subgrupo, siempre que, el subconjunto sea regular (Castaño Morales, 2018, p.34).

2.9. Diagrama del proceso

Un diagrama de procesos es una herramienta visual para mostrar los pasos secuenciales necesarios para completar un proceso. Representa visualmente los componentes de un proceso y sus relaciones entre sí para proporcionar una comprensión fácil del flujo de trabajo.

Asimismo, este diagrama es útil para comprender los procesos complejos y documentar los pasos existentes en un proceso. Los diagramas de procesos se usan comúnmente para mejorar la eficiencia de los procesos, identificar procesos redundantes y descubrir áreas de mejora (Villamar, 2020,p.19).

Tabla 3-2: Simbología del diagrama de procesos.

	Operación: para indicar las principales fases del proceso
	Inspección: para verificar calidad y cantidad
	Transporte: para indicar el movimiento del objeto de estudio
	Espera: para señalar una demora en el desarrollo del proceso
	Almacenamiento: para indicar un almacenaje programado en un sitio establecido

Fuente: (Vidal Gonzales, 2018).

2.10. Mapa de procesos

El mapa de procesos presenta una distinción entre tres tipos de procesos: estratégicos, claves y de apoyo. Estos están diseñados de manera ordenada para abarcar las necesidades de la clientela.(Vidal Gonzales, 2018,p.49)

De igual manera, es una ilustración gráfica que muestra la estructura de los procesos de una empresa. Se pueden clasificar en categorías como directivos o estratégicos, aquellos que agregan valor, procesos claves y procesos de apoyo (Muñoz, 2018,p.22).



Ilustración 6-2: Diagrama de flujo del proceso de cambio de color.

Fuente:(Vidal Gonzales, 2018).

2.11. Análisis de capacidad de procesos

La capacidad del proceso consiste en conocer la cantidad de variación natural en un proceso para una característica de la calidad dada, asimismo; esto le permitirá conocer en qué medida este

atributo de calidad es satisfactorio, para lo cual es necesario que este proceso sea apto, comprometiéndose a cumplir con dos requisitos de manera sincrónica: contar con un margen suficiente de hasta dos límites de tolerancia interpretados a través de una carta de control, lo cual da como desenlace la homogeneidad de sus resultados y determinará que si la variación del proceso es superior a la tolerancia de la especificación, entonces el proceso ocasionará un producto defectuoso homogéneo.

Asimismo, se mencionan que para representar la capacidad de un proceso se usan dos índices, el Cpk y Cp, en el que el primero señala el límite relativo de la distribución y el segundo, el índice de capacidad potencial continua del proceso (Castaño Morales, 2018, p.35).

Tabla 4-2: Índice Cp.

Valor del índice Cp	Clase del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$Cp \geq 2$	Clase mundial 1	Se tiene calidad Six Sigma.
$Cp > 1,33$	1	Adecuado.
$1 < Cp < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0,67 < Cp < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$Cp < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente: (Abril Flores, 2020).

2.12. Árbol de calidad

Es la representación ramificada de los niveles de acción y sus posibles respuestas o resultados, que permite representar de mejor manera la perspectiva y punto de vista del proceso a seguir, para identificar las mejores opciones que guíen a la empresa a la meta que se ha planteado. De igual manera, es la distinción de las metas de acuerdo a las etapas que se deben seguir y sus objetivos específicos, determinado las acciones a ejecutar (Cárdenas Vargas, 2020, p.15).

Para su implementación, se deben seguir los siguientes parámetros:

- Seleccionar un grupo y organizarlo.
- Establecer el objetivo general.
- Determinar los medios de primer nivel del árbol.
- Indicar los medios del segundo nivel.
- Analizar el diagrama de árbol.
- Adjudicar y acatar las responsabilidades de cada integrante del grupo (Cárdenas Vargas, 2020, p.16).



Ilustración 7-2: Ejemplo diagrama de árbol de calidad
Fuente: (Castillo Mígues, 2021).

2.13. Voz del cliente

La voz del cliente permite puntualizar los requisitos y necesidades de los clientes, gracias a la colaboración de los sistemas dinámicos como: cuestionarios, entrevistas y sistemas reactivos tanto como: garantías, reclamos y quejas (Pilla Yanzapanta, 2019, p.84).

Tabla 5-2: Requisitos de los clientes externos e internos

Requisitos	
Cientes externos:	Cientes internos
- Entrega a tiempo	- Materiales fácilmente maquinable.
- Entrega completa	- Alineación de piezas.
- Terminado superficial	- Dimensiones correctas.
- Coordinación entre personal y gerencia	- Piezas perfectamente cuadradas.
- Garantía del producto	- Superficies regulares.
- Certificaciones nacionales e internacionales	- Salpicaduras/ Proyección
	- Soldadura sin porosidades
	- Buen ahogado con fibra
	- Templado del tol.

Fuente: (Pilla Yanzapanta, 2019).

2.14. Estudio de repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición

El estudio R&R es una técnica que se emplea para evaluar que tan preciso es un instrumento de medida, afianzando que éste sea reproducible y repetible. Asimismo, este proceso abarca unas secuencias de mediciones para garantizar que el valor de salida sea el mismo que el valor de entrada, también, las mismas mediciones son adquiridas bajo las condiciones ejecución (Galarza Falfán, 2020, p.20).

2.15. Matriz causa efecto

La matriz causa-efecto se conforma mediante una tabla de doble entrada, puesto que, la primera columna de la tabla contiene las actividades o acciones del proyecto, y en las otras columnas se enumeran los factores que podrían verse influenciados por dichas acciones. Asimismo, esta

herramienta permite detectar las causas que pueden afectar la variable de salida y priorizar los factores principales relacionados con las CTQ's (Pilla Yanzapanta, 2019,p.96).

2.16. Diseño de experimentos (DOE)

El Diseño de Experimentos se trata de un proceso que involucra la organización de pasos para recoger y analizar información, con el propósito de estudiar una situación problemática. La meta es conseguir la mayor cantidad de información necesaria para el experimento, con un costo mínimo y la mejor eficiencia. Un diseño eficiente le dará al experimento la información exacta de manera precisa, con la cantidad mínima de datos posible, pues, para lograr esto, se debe entender lo que se está buscando, aunque en ocasiones no es tan obvio (Fernández Bao, 2020,p.11).

Para realizar un diseño experimental eficaz, se debe seguir las siguientes etapas:

- Identificación y formulación de la problemática
- Elección de los niveles y factores
- Elección de las variables dependiente o de respuesta
- Elección del diseño del experimento
- Ejecución de la experimentación
- Examen de los datos
- Resultados y realizar las recomendaciones respectivas (Fernández Bao, 2020,pp.11-13).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de proyecto

El presente trabajo es un proyecto técnico, que se basa en los principios de la planificación de operaciones, en el mismo se realiza diferentes análisis que ayudan a detallar las actividades efectuadas, mediante la recopilación de información de la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, a su vez se evalúan los procesos actualmente gestionados para diagnosticar el modelo dando así a la investigación validez y eficacia.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. *Investigación bibliográfica*

El trabajo de investigación se basa en fuentes como: revistas científicas, tesis, sitios web y artículos científicos. Los cuales sirvieron para el afianzamiento de bases sólidas en el conocimiento de la metodología DMAIC, sus diferentes etapas y herramientas.

3.2.2. *Investigación aplicada*

El trabajo de investigación presenta los escenarios metodológicos de una investigación aplicada, pues tiene como objetivo la solución de problemas reales. Por lo cual se aplicará la metodología DMAIC para reducir la formación de grumos y mejorar el proceso de elaboración de barras chocolate amargo en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU.

3.2.3. *Investigación descriptiva*

Se procederá a detallar el proceso actual de la elaboración de barras de chocolate amargo en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, para la identificación de la problemática de la presente investigación.

3.2.4. *Investigación de campo*

Se empleará una investigación de campo descriptiva porque se necesita hacer una recopilación de información para obtener datos, todo esto con la finalidad de comprender, observar e interactuar

junto con las personas u operadores que intervienen en el proceso de producción desde el principio hasta la finalización del producto terminado.

3.3. Técnicas e Instrumentos

3.3.1. Técnicas

La técnica que se empleará es la observación de los procesos de elaboración de barra de chocolate amargo de la asociación que está siendo estudiado. Además, se realizará una serie de entrevistas y diálogos a las personas de producción y a la gerencia que están involucrados en el proceso.

3.3.2. Instrumentos

Es importante emplear el análisis para evaluar la situación actual de los procesos de la elaboración del producto en la asociación.

Asimismo, se utilizará las entrevistas y diálogos con el personal involucrado en proceso de producción. Para la entrevista se utilizó unas series de preguntas abiertas a través cuestionario, con la finalidad de obtener información necesaria y adecuada para la realización del trabajo.

3.4. Diagnóstico de la situación inicial

3.4.1. Identificación de la empresa

- **Razón social:** Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU
- **Actividad económica:** Elaboración de pasta de cacao, barras de chocolate amargo y dulce, nibs de cacao, manteca de cacao, guayusa triturada y helados de chocolate.

3.4.2. Reseña histórica

La Asociación de Productores de cacao fino de aroma del cantón Carlos Julio Arosemena Tola surge en año 2012, dedicada a la producción de cacao y wayusa en el sistema agroforestal. En su mayoría, los socios son agricultores nativos ubicados en las diferentes comunidades del cantón. Una vez instalada la asociación en la comunidad de Nueva Esperanza, sus principales productos de elaboración son: barras de chocolate 100% cacao en sus presentaciones de 250 y 450 gramos, barras de chocolate dulce y pasta de cacao, este último es el principal producto con fines de exportación.

3.4.3. Localización del Proyecto

La Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU se encuentra ubicada en la provincia de Napo, cantón Carlos Julio Arosemena Tola, comunidad Nueva Esperanza, kilómetro 59 vía Tena- Puyo. A continuación, en la ilustración 1-3, se presenta un croquis para una mejor visualización:



Ilustración 1-3: Ubicación de la Asociación de Productores de chocolate amargo.

Fuente: (Maps, 2018).

3.4.4. Descripción del personal de la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Los trabajadores de la Asociación de Productores de Cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, se dedican con dedicación y respeto en sus respectivas tareas para producir productos de calidad y crear un ambiente laboral ideal para una mejor ejecución.

En la siguiente tabla 1-3, se detallan las áreas y el personal laboral de la planta:

Tabla 1-3: Descripción del personal de la asociación.

Área	Ocupación		Número de trabajadores
Administrativa	Presidente de la asociación		1
	Administrador de la asociación		1
	Secretaria		1
Total			3
Área	Subárea	Ocupación	Número de trabajadores
Producción	Fermentación	Operador de fermentado	2
	Secado	Operador de secado	
	Clasificación de granos	Operador de la máquina clasificadora	
	Tostado	Operador de la máquina tostadora	

	Descascarillado (Fase 1)	Operador de la máquina descascarilladora	
	Descascarillado (Fase 2)	Operador de la máquina descascarilladora artesanal	
	Molienda	Operador del molino de disco	
	Refinado	Operador de la máquina refinadora	
	Extracción de pasta de cacao	Operador de la máquina extractora de pasta	
	Atemperado	Operador de la máquina de atemperado	
	Moldeo	Operador de moldeo de barras de chocolate	
	Refrigeración	Operador de refrigeración	
	Empaquetado	Operador de empaquetado	
	Sellado	Operador de sellado	
Total			2
Ventas	Tienda	Vendedores	1
Total			1
Total de trabajadores			6

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.5. *Productos elaborados*

3.4.5.1. *Barras de chocolate amargo*

Las barras de chocolate amargo (ilustración 2-3), son productos elaborados a base de 100% cacao fino de aroma, sin la adicción de ningún otro ingrediente, además, cuenta con dos presentaciones: 250 g y 450 g.



Ilustración 2-3: Barra de chocolate amargo de 250 g.

Fuente: (Tsatsayaku, 2021).

3.4.5.2. Nibs de cacao

Es un producto elaborado a base del grano de cacao fino de aroma, para su obtención, se debe pasar por las etapas de: fermentación, secado, clasificación, tostado y descascarillado. El resultado es un grano triturado y descascarillado de excelente calidad (ilustración 3-3), el cual se ofrece en una presentación de 200 gramos.



Ilustración 3-3: Nibs de cacao.

Fuente: (Tsatsayaku, 2021).

3.4.5.3. Guayusa

La wayusa (ilustración 4-3), se vende en forma de hoja triturada, la presentación de este producto es de 300 g. Actualmente, la asociación se encarga de comprar la hoja de wayusa y posteriormente enviar a otra organización alineada, para que esta, se encargue de triturar la hoja y luego devolver a la asociación para envasarla.



Ilustración 4-3: Té de wayusa.

Fuente: (Tsatsayaku, 2021).

3.4.5.4. Helados

Los helados (ilustración 5-3), están hechos con el chocolate amargo de la asociación. Estos requieren sólo la combinación de chocolate con azúcar y un palo de helado.



Ilustración 5-3: Helados producidos por la asociación

Fuente: (Tsatsayaku, 2021).

3.4.6. Mapa de procesos

El mapa de procesos que se muestra en la ilustración 6-3, nos permitirá ver de manera gráfica los procedimientos que componen a la organización, así como las tareas y acciones que se llevan a cabo en cada uno de sus procesos.

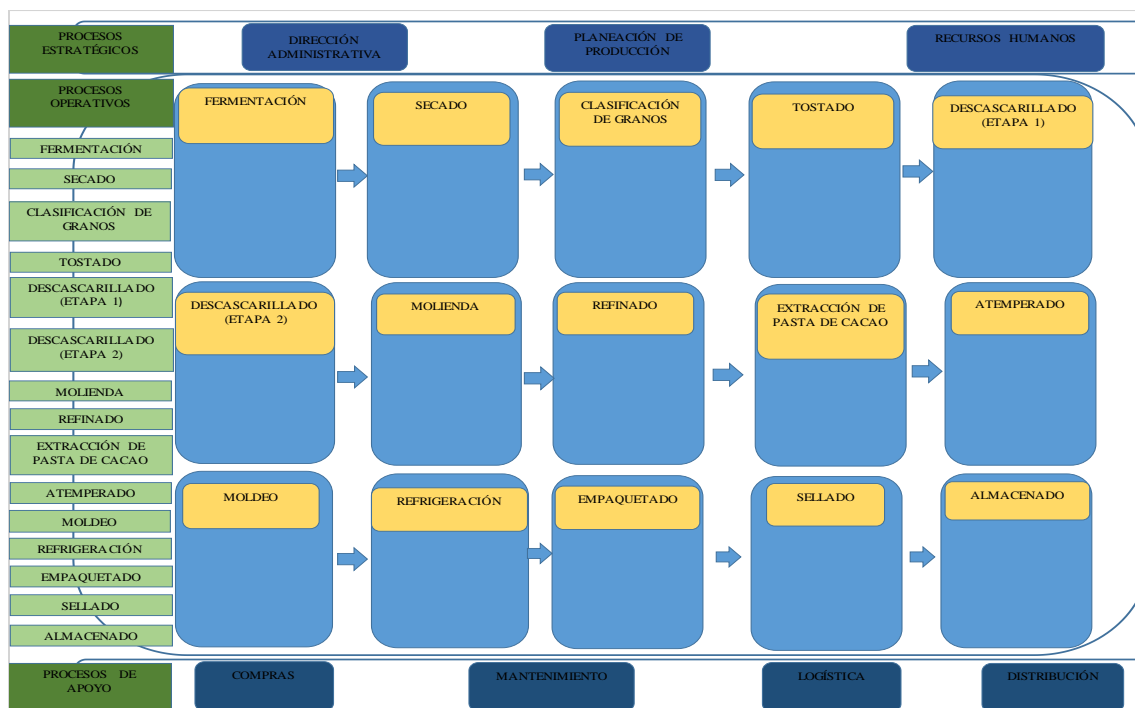


Ilustración 6-3: Mapa de procesos acerca de la producción de barras de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.7. Descripción de los puestos de trabajo en la línea de chocolate amargo

La Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU dispone de distintos procesos productivos en la planta, los cuales se indican a continuación:

La fermentación del grano de cacao, secado del grano de cacao, clasificación del grano de cacao, tostado, descascarillado, triturado del grano tostado y descascarillado, molienda en partículas pequeñas, refinado, entre otras.

Barras de chocolate amargo de 250 gramos

Los procesos productivos que benefician a que la asociación cumpla con los estándares de calidad en la elaboración del producto, se detallan a continuación:

3.4.7.1. Almacenado del grano de cacao para la fermentación

La asociación se encarga de comprar el cacao fino de aroma a sus socios productores en las comunidades como forma de ayuda económica, al igual que también existen otros afiliados que llegan a la asociación a vender con el fin de beneficiarse mutuamente. La compra de la materia prima se lo realiza en forma de grano de cacao baboso, con el objetivo de precautelar desde el principio el nivel de calidad del grano de cacao.

Una vez que la asociación realiza la compra, se procede a la fermentación como se visualiza en la (ilustración 7-3), debido a que este proceso permite la separación enzimática de los

carbohidratos y las proteínas al interior del grano, mediante cajas, favoreciendo así el incremento del sabor.



Ilustración 7-3: Proceso de fermentación mediante cajas de madera.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Para un mejor proceso de fermentación la asociación la categoriza en tres niveles, el nivel uno se encuentra en la parte superior de los graderíos, dura dos días; seguidamente el nivel dos, que lo conforma el nivel intermedio del graderío, con un tiempo de duración de dos días. Por último, el nivel tres; se encuentra en la parte baja de los graderíos, con un tiempo de duración de un día. En su totalidad el tiempo de fermentación es de cinco días.

3.4.7.2. Proceso de secado del grano de cacao

El proceso de secado se llevará a cabo mediante marquesinas o túneles de secado natural, la cual permite el paso de la radiación solar que busca reducir los niveles de humedad al grano de cacao fermentado entre el 6 y 8 %. Las marquesinas en la asociación son de estructuras de metal cubiertas por plásticos, con el techo de láminas de policarbonato, como se muestra en la ilustración 8-3.

De igual manera, durante la etapa de secado se procede a dejar los granos de cacao fermentado en mesones largos. Este proceso dura aproximadamente doce días cuando las condiciones climáticas son favorables.



Ilustración 8-3: Proceso de secado de los granos de cacao en las marquesinas.
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.7.3. Clasificación de los granos de cacao

Una vez culminado el proceso de secado, se transporta al área de recepción de materia prima en donde se clasifica los granos de cacao idóneos para continuar con el proceso de transformación a pasta o barras de chocolate mediante la máquina clasificadora de cacao.



Ilustración 9-3: Proceso de clasificación de granos de cacao.
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Durante la etapa de clasificación de granos de cacao, se tienen tres fases, como se observa en la ilustración 9-3, en donde la primera fase radica en los granos de cacao deficientes con los cuales no se contarán para los siguientes procesos, seguidamente en la parte derecha que corresponde a la fase dos, se basa en que se debe volver a reprocesar en la máquina con el fin de obtener la mayor cantidad y calidad de granos adecuados para los siguientes procesos. Por último, en la fase tres en la parte del centro de la máquina; se tienen los granos de cacao adecuados y de calidad con los que se contará para los siguientes procesos para la elaboración tanto de pasta de cacao como de barras de chocolate.

3.4.7.4. Proceso de tostado

La etapa de tostado es uno de los procesos más importantes para la transformación de la almendra de cacao a chocolate, debido a que en este proceso se determina el aroma y sabor adecuado. En

la asociación el tiempo de tostado que se trabaja mediante la máquina tostadora es de alrededor de 45-50 minutos lo cual garantiza un eficaz aroma y sabor del grano de cacao.



Ilustración 10-3: Proceso de tostado de los granos de cacao.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

La tostadora tiene una capacidad de 50 kg, por ende, en la etapa de clasificación de cacao se junta en sacos de 50 kg.

Una vez que los granos se han tostado, caen sobre un dispositivo de enfriamiento (ilustración 10-3). Esta unidad se asemeja a una olla que ayuda a enfriar el grano de manera que el siguiente proceso se lleve a cabo de forma óptima.

3.4.7.5. Proceso de descascarillado (Primera etapa)

Luego del proceso de tostado y su posterior enfriamiento, se procede a transportar los granos de cacao tostados a la máquina descascarilladora, en esta etapa se busca eliminar la cascarilla como objetivo principal, lo cual aborda la cubierta exterior de la semilla de cacao.

De igual manera, en esta etapa la mayor parte de los granos ingresados terminan triturados y descascarillados, más conocidos como nibs (ilustración 11-3).



Ilustración 11-3: Proceso de descascarillado de granos de cacao.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De igual manera, en esta etapa también existen tres fases en las cuales la primera, se basa en que la mayoría de granos triturados pequeños y descascarillados caen por un conducto y se juntan en una gaveta, seguidamente la fase dos, radica en que los granos triturados y descascarillados(nibs), también en su mayoría caen por un conducto medio en la gaveta, la diferencia con la primera fase está en que los granos son de tamaño medio. Por último, la fase tres; cuenta con los granos de cacao que aún no están descascarillados y tampoco triturados, por ende, se requiere otro proceso de trituración.

3.4.7.6. Proceso de descascarillado (Segunda etapa)

En esta segunda etapa se procede a triturar nuevamente los nibs y granos de cacao no procesados adecuadamente de cada fase detallada, mediante una trituradora artesanal; con el objetivo de obtener nibs pequeños, definidos y en gran medida con un alto porcentaje de nibs descascarillados (ilustración 12-3).



Ilustración 12-3: Proceso de trituración de los granos de cacao restantes.
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.7.7. Proceso de molienda

En esta etapa los nibs se muelen hasta tener una consistencia tipo masa (ilustración 13-3), mediante un molino de discos, para producir la pasta de cacao o licor de cacao.



Ilustración 13-3: Proceso de molienda.
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

El molido de cacao se recogerá en bandejas para luego trasladarse a la máquina refinadora de bolas.

3.4.7.8. Proceso de refinado

En esta etapa la masa de molienda tipo masa, se somete a un proceso de refinado a través de una serie de bolas hasta adquirir una pasta suave, al igual que un tamaño de partícula fino, este proceso se lo realiza mediante una refinadora de bolas para obtener una mejor textura para el chocolate, (ilustración 14-3).

El proceso de refinado dura alrededor de 16 horas hasta obtener el tamaño y condiciones adecuadas de la pasta de cacao o licor de cacao.

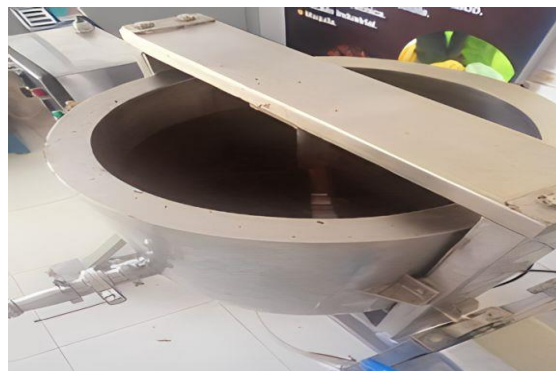


Ilustración 14-3: Proceso de refinado.
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.7.9. Proceso de extracción de pasta de cacao

En la ilustración 15-3, se puede apreciar que cuando la pasta de cacao está lista, se extrae y se transporta hacia la máquina de atemperado o se coloca en cajas para la pasta de cacao.



Ilustración 15-3: Proceso de extracción de la pasta de cacao.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Para la elaboración de barras de chocolate amargo de 250 gramos, se procede a elaborar alrededor de 22,5 kg, lo cual abarca 25 moldes.

3.4.7.10. *Proceso de atemperado*

La siguiente etapa del atemperado del chocolate se basa en fundir el chocolate controlando su curva de temperatura, mediante la máquina atemperadora (ilustración 16-3), lo cual beneficia a que se mantenga la manteca estable y de manera uniforme.



Ilustración 16-3: Proceso de atemperado de la pasta de cacao.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Este proceso también se lo realiza para que tenga una buena textura el chocolate y así poder envasarlo posteriormente en los moldes correspondientes.

3.4.7.11. *Proceso de moldeo*

En la ilustración 17-3, se observa que se vierte el chocolate amargo de la máquina de atemperado en los moldes plásticos, para dar forma a las barras de chocolate, en este caso la representación es cuadrática la cual también contiene el logo de la asociación.



Ilustración 17-3: Proceso de moldeo de las barras de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

El molde tiene 2 divisiones, la cual cada división abarca 500 gramos, por ende, de cada molde se obtendrá 4 barras de chocolate amargo de 250 gramos.

3.4.7.12. *Refrigeración de las barras de chocolate amargo*

Una vez que se obtiene los moldes completos de barras de chocolate amargo, se traslada al cuarto de refrigeración para transformar el chocolate de una fase líquida a productos en estado sólido (ilustración 18-3).



Ilustración 18-3: Almacenamiento de las barras de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Los moldes de las barras de chocolate amargo se colocan sobre una mesa metálica en el cuarto de refrigeración, asimismo, el tiempo de refrigeración adecuado de las barras es de un día, a su vez la temperatura apropiada es de 16-18 grados Celsius.

3.4.7.13. *Empaquetado*

Esta etapa implica empaquetar las barras de chocolate amargo en bolsas de 250 gramos, que incluyen los datos nutricionales y la imagen del logo de la asociación (ilustración 19-3).



Ilustración 19-3: Proceso de empaquetado de barras de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.7.14. *Sellado*

Después del proceso de empaque, continúa el sellado de las fundas que contienen barras de chocolate amargo de 250 gramos mediante la máquina selladora, este proceso busca proporcionar una capa de protección para prevenir la contaminación, prolongar la vida útil del producto, mantener su apariencia y mejorar la seguridad alimentaria. El operador debe realizar esta actividad con suma delicadeza, para que no se desperdicie las fundas (ilustración 20-3).



Ilustración 20-3: Proceso de sellado de las fundas de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.4.7.15. *Almacenamiento de producto terminado*

Por último, cuando se culmina el proceso de elaboración de la barra de chocolate amargo, se coloca el producto culminado sobre la estantería, para su posterior envío a las tiendas

correspondientes, el producto se mantendrá en el cuarto de refrigeración a la temperatura adecuada para preservar forma.



Ilustración 21-3: Almacenamiento de barras de chocolate amargo sobre la estantería.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De igual importancia, la estantería contiene tanto barras de chocolate amargo como dulce, así como manteca de cacao y pasta de cacao en pequeñas cantidades. Todos estos elementos se encuentran ordenados de manera adecuada para evitar problemas en el inventario (ilustración 21-3).

3.5. Etapas de aplicación de la metodología DMAIC en el procesamiento de barras de chocolate amargo de 250 gramos en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

3.5.1. Etapa de definición

La etapa de la definición del problema es sin duda la parte más fundamental e imprescindible para el desarrollo de esta metodología, debido a que es la comparación entre el proceso actual y proceso mejorado. En este sentido, mediante la implementación de una mejora se buscará solventar la problemática que se plantea en esta etapa.

3.5.1.1. Selección del proyecto

El desarrollo del proyecto mediante la metodología DMAIC se debe a que la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, ha observado una elevada cantidad de variabilidad existente en la línea de elaboración de barra de chocolate amargo, relacionado a la presencia de grumos en el chocolate amargo. De esta manera, debido a este precedente se planea implementar la metodología anteriormente mencionada para ofrecer una solución oportuna al problema.

3.5.1.2. Carta del proyecto

Con esta carta, se describirá el tema del proyecto, equipo de trabajo, propósito, objetivo, problema, alcance, partes interesadas y los plazos en los cuales se llevarán a cabo las diferentes etapas de la metodología DMAIC.

A continuación, en la tabla 3-3 se detallan todos los puntos especificados anteriormente, en donde el propósito del estudio es reducir la cantidad de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 gramos, para lograr una mejora en los parámetros de calidad.

Tabla 2-3: Carta del proyecto.

TÍTULO DEL PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CHOCOLATE AMARGO EN LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DE AROSEMENA TOLA TSATSAYAKU.		
EQUIPO DE TRABAJO		
Nombre	Cargo en la Empresa	
Sr. Jefferson Yambay	Investigador	
Sr. Saúl Licuy	Presidente de la Asociación	
Ing. Nelly Monar	Administradora de la Asociación.	
Sra. Kimberly Tapuy	Operadora en el departamento de producción	
Sr. Christian Vargas	Operador en el departamento de producción	
PROBLEMA	PROPÓSITO	
La asociación mediante su departamento de producción ha observado la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 gramos, motivo por el cual ha disminuido los parámetros de calidad del producto y a su vez ha ocasionado quejas por parte de los clientes.	Reducir la cantidad de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 gramos, para así mejorar los parámetros de calidad del producto.	
OBJETIVOS DEL PROYECTO		
Reducir la cantidad de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 gramos.	Línea base 16 µm	Objetivo 14 µm
ALCANCE DEL PROYECTO	PARTES INTERESADAS	
El proyecto abarca desde la recepción de materia prima en las cajas de fermentación hasta el sellado de las barras de chocolate amargo, aplicando la metodología DMAIC.	<ul style="list-style-type: none"> • Presidente de la Asociación • Administradora de la Asociación • Operadores del departamento de producción 	

PLAN DEL PROYECTO		
ETAPA	INICIO	FIN
Definir	3/10/2022	15/10/2022
Medir	17/10/2022	11/11/2022
Analizar	15/11/2022	9/12/2022
Implementar	12/12/2022	9/01/2023
Controlar	13/01/2023	31/01/2023

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.5.1.3. Árbol de calidad

Mediante esta representación ramificada de los niveles de acción y sus posibles resultados, permitirá al estudio identificar las mejores opciones que guíen a la implementación de la metodología DMAIC en el proceso productivo de chocolate amargo en la asociación de productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, a la meta planteada en lo que respecta a la reducción de grumos en las barras de chocolate amargo y su posterior mejora de calidad, como se detalla en la ilustración 22-3.

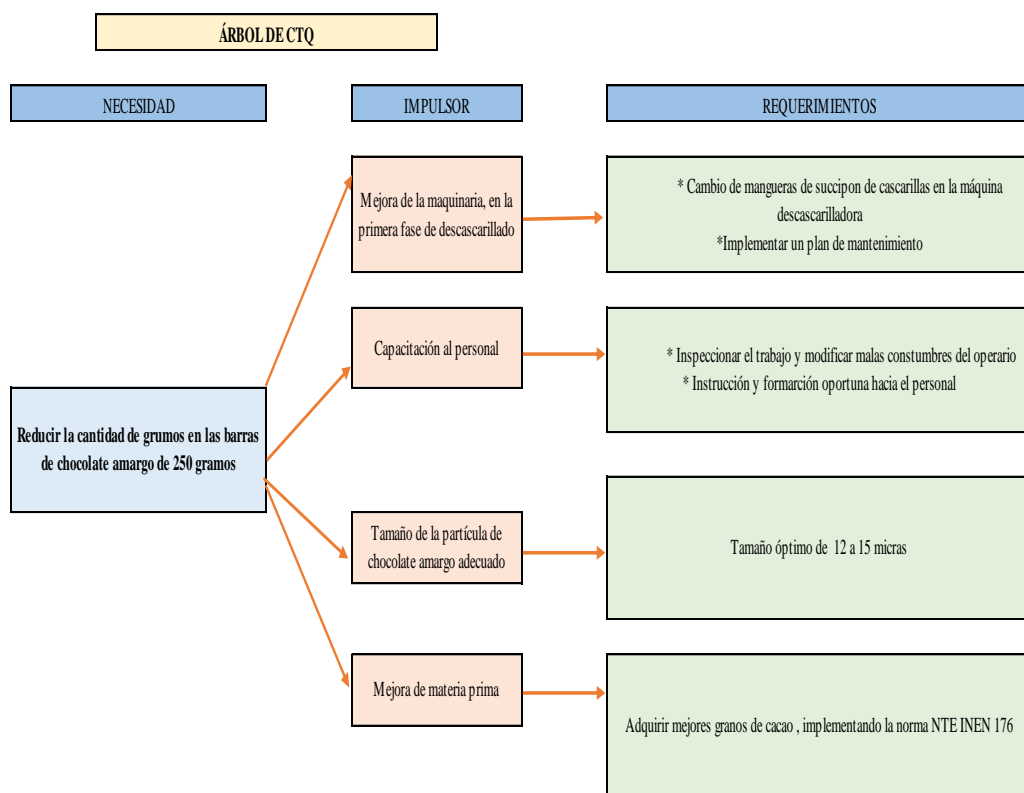


Ilustración 22-3: Árbol de calidad acerca de la problemática.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.5.1.4. Diagrama del proceso de elaboración de barras de chocolate amargo de 250 gramos

Tabla 3-3: Diagrama de procesos de barras de chocolate amargo de 250 g.

DIAGRAMA DE OPERACIÓN DE BARRA DE CHOCOLATE AMARGO								
RESPONSABLE: JEFFERSON YAMBAY				N°:1 DE 1				
FECHA: 2022/12/22				DEPARTAMENTO: Producción				
SUJETO DE ESTUDIO: Elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g								
INICIO-FIN: Inicia con la recepción de materia prima en las cajas de fermentación hasta el almacenamiento del producto terminado en las estanterías del área de refrigeración.								
MÉTODO ACTUAL: ✗								
MÉTODO PROPUESTO:								
Distancia (m)	Tiempo (min.)	N°	ACTIVIDADES					Descripción del proceso
			●	→	■	●	▼	
		1						Recepción de la materia prima (granos de cacao baboso), en las cajas de fermentación.
3	7200	1	●					Proceso de fermentación
	5	1		→				Transporte al área de secado
	17280	2						Secado de los granos de cacao en las marquesinas
	8	1					■	Inspección y recolección de los granos de cacao secos en sacos
4	5	2		→				Transporte al área de recepción de materia prima
	30	3	●					Clasificación de los granos de cacao
	5	4	●					Recolección de los granos de cacao de buena calidad en sacos de 50 Kg.
5	3	3		→				Transporte al área de tostado y descascarillado
	45	5	●					Tostado de 50 Kg de granos de cacao
	20	6	●					Enfriamiento de los granos de cacao tostados
0,5	3	4		→				Transporte a la descascarilladora (20 kg) X2 viajes
	40	7	●					Descascarillado de granos de cacao tostados, primera etapa. Dos pasadas
	3	8	●					Recolección de los nibs de cacao en diferentes gavetas
0,5	2	5		→				Transporte a la máquina descascarilladora artesanal
	40	9	●					Descascarillado de los granos de cacao, segunda etapa
	5	2					■	Inspección y recolección de los nibs de cacao en gavetas
1	2	6		→				Transporte de los nibs al área de transformación
	3	10	●					Recolección de 30 Kg de nibs cacao
2	1	7		→				Transporte a la máquina de molino de discos
	20	11	●					Molido de los nibs de cacao
1,5	1	7		→				Transporte a la máquina refinadora
	1440	12	●					Refinado del molido de los nibs, para la obtención de pasta de cacao
	2	1			■			Inspección de calidad de la pasta de cacao
	8	13	●					Extracción de la pasta de la pasta de cacao en bandejas metálicas
2	1,5	8		→				Transporte a la máquina de atemperado
	45	14	●					Atemperado de la pasta de cacao, para la obtención de chocolate amargo.
	20	15	●					Recolección del chocolate amargo en los moldes (25 moldes)
	4	2			■			Inspección de las moldes de barras de chocolate amargo
3	10	9		→				Transporte de los moldes al área de refrigeración
	1440	16	●					Refrigeración de los moldes de barras de chocolate amargo
	3	3			■			Inspección de las barras refrigeradas
	8	17	●					Extracción de las barras de chocolate amargo de los moldes.
	8	18	●					Empaquetado de las barras de chocolate amargo en las fundas de 250 gramos
0,5	4	10		→				Transporte a la máquina selladora
	5	19	●					Sellado de las barras de chocolate amargo de 250 g
	2	4			■			Inspección del sellado de las barras de chocolate
0,5	0,5	11		→				Transporte a las estanterías
		2					▼	Almacenamiento de producto terminado

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Tabla 4-3: Resumen del diagrama de procesos de chocolate amargo.

RESUMEN				
ACTIVIDAD	SÍMBOLO	CANTIDAD	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (minutos)
Operación		19	0	27690
Transporte		11	23,5	38
Demora		0	0	0
Inspeccion		4	0	11
Almacenaje		2	0	0
Combinada		2	0	13
TOTAL:		38	23,5	27752

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 4-3, se especifica la cantidad de operaciones, distancia y tiempo en la elaboración de una barra de chocolate amargo de 250 g.

3.5.2. Etapa de medición

3.5.2.1. Plan de recolección de datos

La recopilación de datos de manera eficaz es de vital importancia para el éxito del proyecto, debido a que en esta parte se señala la manera de trabajo actual en que se realiza las barras de chocolate amargo de 250 gramos, en las cuales participan los puestos de trabajo como molido, refinado, moldeo, entre otras, que se están realizando en la asociación y, asimismo, se podrá medir de forma cuantitativa el estado actual del proceso.

Para la recolección de datos en la asociación acerca del tamaño de partícula de las barras de chocolate amargo de 250 gramos, se decidió utilizar el tamaño de población de 50 moldes que se produjeron en el transcurso de la semana, específicamente en dos días de producción, de esta manera se trabajaría con todas las muestras, para un mejor análisis de estudio del proyecto.

Se utilizará un micrómetro de la marca Mitutoyo para medir el tamaño de las partículas de chocolate amargo. De igual manera, se recolectarán datos de 25 moldes de cada día de fabricación, obteniendo así un tamaño de población de 50.

3.5.2.2. Planificación de recolección de datos

Se desarrolló una planificación en donde se ejecutará las diferentes fases de la metodología DMAIC, aplicada en el trabajo de titulación presente, como se muestra en la siguiente tabla 5-3:

Tabla 5-3: Planificación de la metodología DMAIC.

ACCIÓN	ELEMENTOS	PROPÓSITO	MÉTODO	PERIODOS																	
				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO					
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Metodología DMAIC	Definir	Realizar un diagnóstico previo de las condiciones de los procesos de producción de chocolate amargo en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU	Carta del proyecto	█	█	█															
			VOC																		
			Árbol de calidad																		
			Diagrama de procesos																		
	Medir	Recoger datos, parametrizar los fallos, y medir el rendimiento del proceso y el nivel sigma de desempeño e identificar las oportunidades de mejora	Análisis R&R																		
			Análisis de capacidad																		
			Histograma																		
			Cartas de control																		
	Analizar	Analizar las principales problemáticas, causas más profundas y confirmar con los datos	Diagrama 5 porqués																		
			Diagrama Ishikawa																		
			Matriz causa-efecto																		
			Diagrama de Pareto																		
			Análisis de varianza																		
	Implementar	Desarrollar, implementar medidas que solucionen los principales problemas encontrados en la fase de análisis.	Diseño de experimentos (DOE)																		
			Estandarización de procesos																		
	Controlar	Planear e implementar una estrategia de control que afianze que los procesos continúen fluyendo de manera eficiente	Cartas de control																		
			Análisis de capacidad																		
			Histograma																		
			Plan de control																		

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

3.5.2.3. Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

Para empezar con la toma de datos se realizó el estudio de medición, para garantizar que dichos datos no tengan problema de medición en relación con el instrumento de medición. El instrumento que se usará es un micrómetro Mitutoyo con un rango de 0 a 1 pulgada y a su vez con un rango de 0 a 25 mm. De igual manera la precisión del instrumento es de $\pm 0,00005''$ y una resolución LCD de $0,00005'' / 0,001 \text{ mm}$.

Para que el argumento sea válido se consideró a tomar como cita o referencia científica al libro de Gutiérrez y Salazar “Control Estadístico de calidad y Seis Sigma”, para lo cual se tomó en

consideración algunos parámetros para un óptimo estudio de repetibilidad y reproducibilidad, los cuales se detallan a continuación:

- El periodo de recolección de datos, para el análisis de sus muestras mediante moldes se realizó en dos días, con la finalidad de que cambie el entorno laboral.
- Para el análisis R&R se recolectó un tamaño de muestra de diez moldes al azar en cada día de producción de barras de chocolate amargo.
- Las muestras para el siguiente análisis se tomaron por parte de dos operadores, en este caso por el operador encargado y el estudiante que realiza el trabajo de investigación.
- Se realizó dos replicas para el análisis por cada operador.

Para el siguiente análisis se escogieron moldes de barras de chocolate que en este caso parten como muestra, estas fueron escogidas de forma aleatoria en los dos días de producción de barras de chocolate amargo por parte del operador y del estudiante que realiza el trabajo de titulación. Los siguientes datos de la tabla 6-3 corresponden al tamaño de la partícula del chocolate amargo:

Tabla 6-3: Datos para el análisis R&R.

Barras de chocolate amargo de 250 gramos				
# de ensayos	Día 1		Día 2	
	OPERADORES			
	KIMBERLY		JEFFERSON	
1	15,5	16,5	15	15
2	16	16	15,5	16
3	13	12,5	14	14
4	16	16	16	17
5	14	14,5	15	15
6	12	11	12	12
7	16	16	16	16
8	16	16	14,5	14
9	17	17	18	18
10	14,5	14	13	13,5

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Todos los cálculos correspondientes para el análisis R&R se realizaron en el programa Minitab 2019, a continuación, en la siguiente tabla 7-3, se presentan los detalles para el análisis.

Tabla 7-3: Datos para el estudio R&R.

R & R del sistema de medición para medición	
Nombre del sistema de medición:	Análisis de variabilidad de las barras de chocolate amargo
Fecha del estudio:	2022/12/27
Notificado por:	Jefferson Yambay
Tolerancia:	< 30%
Misc:	Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATASAYAKU

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Tabla 8-3: Análisis de la varianza de los datos.

Componentes de la varianza		
Fuente	CompVar	% Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,06872	2,06
Repetibilidad	0,06872	2,06
Reproducibilidad	0,0000	0,00
Parte a parte	3,27146	97,94
Variación total	3,34018	100,00

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la tabla 8-3, se muestra que el porcentaje de contribución de la variabilidad de la repetibilidad es baja con un valor de 2,06%, y, por ende, este es menor a la variabilidad entre partes. De igual manera, debido a que el porcentaje de variabilidad del R&R total es menor a la variabilidad entre partes, el sistema de medición es fiable.

Tabla 9-3: Evaluación del sistema de medición de los datos.

Evaluación del sistema de medición			
Fuente	Desviación estándar	Var. Estudio (6 x DE)	(% VE)
Gage R&R total	0,26215	1,5729	14,34
Repetibilidad	0,26215	1,579	14,34
Reproducibilidad	0,00000	0,000	0,00
Parte a parte	1,80872	10,8523	98,97
Variación total	1,82762	10,9657	100,00

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

A continuación, en la tabla 9-3, se observa que la variación del sistema de medición es de 14,34 %, por ende, el sistema es aceptable. De igual manera la variación de la repetibilidad (instrumento), es menor al 30% de lo recomendado, por lo tanto, la contribución del instrumento es mínimo, por lo que se considera que el instrumento es el adecuado para la toma de datos.

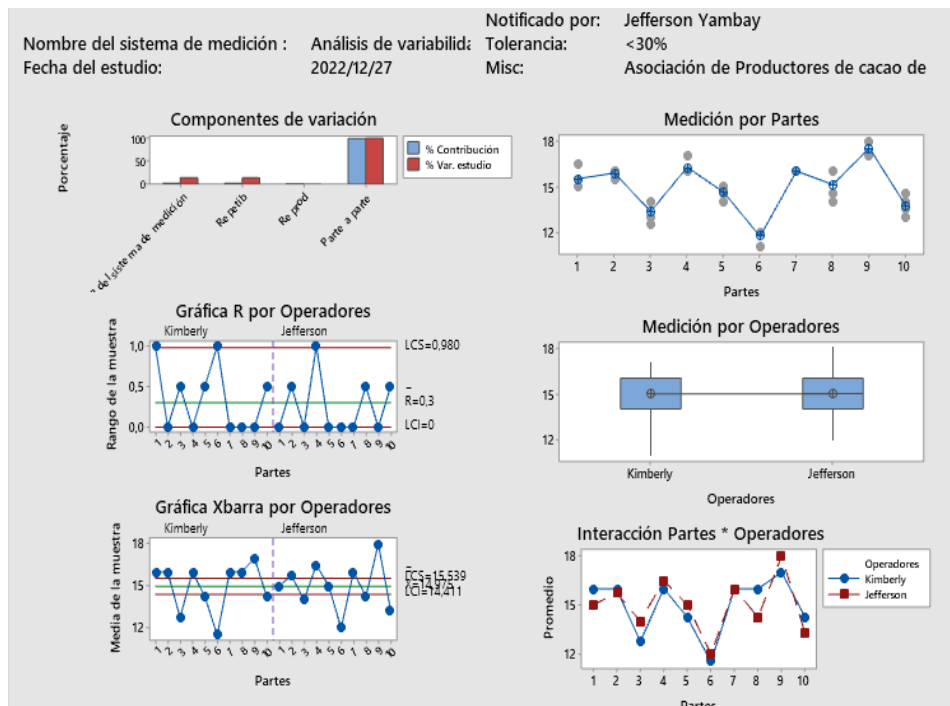


Ilustración 23-3: Informe del sistema

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU.

En la siguiente ilustración 23-3, se especifican los resultados obtenidos del informe R&R del sistema de medición, los cuales son:

Componentes de variación

En la gráfica de los componentes de variación se observa que la repetibilidad y reproducibilidad son mínimas, y el componente de parte a parte es alto, por ende, el sistema está en óptimas condiciones.

Gráfica de rangos por operador

En la siguiente gráfica se observa que la mayoría de datos están sobre la línea del límite superior y límite inferior. De igual manera, existen datos que están dentro de los límites establecidos. Dentro del análisis por operador se visualiza que tanto el operador 1 (Kimberly) y operador 2 (Jefferson), tienen el mismo margen de inconsistencia al instante de utilizar el instrumento.

Gráfico Xbarra por operador

La mayor parte de los datos por parte de ambos operadores se encuentran fuera de los límites de control dentro de esta gráfica.

Al analizar los resultados de los dos operadores, se evidenció que los datos de Kimberly se encontraban fuera de los límites de control, mientras que los datos de Jefferson, aunque en su gran mayoría estuvieron fuera de los parámetros, existió algunos que se encontraban dentro de los límites establecidos.

Por último, como la mayoría de subgrupos se encuentran fuera de los límites de control, esto indica la existencia de variación entre partes, es decir, el sistema de medición está identificando correctamente la diferencia que existe entre las partes generando así esta salida de control de los datos, por ende, se debe buscar alternativas para mejorar el proceso.

Medición por partes

En la gráfica de medición por partes existe poca variabilidad, por lo tanto, se concluye que las mediciones de las partes no poseen variabilidad significativa.

Medición por operador

En la siguiente gráfica de bigotes las mediciones por parte de los operarios están en su mayoría en una misma categoría, con una media de 14, 975 para los dos operarios.

3.5.2.4. Análisis de la capacidad del proceso

Para el análisis de la capacidad de proceso y verificar si se cumple o no con los parámetros de calidad, se revisó la teoría acerca del tema.

De esta manera, para el análisis se trabajó con los 50 moldes como muestras los cuales se recolectaron en los dos días de producción de barras de chocolate amargo para una mejor fiabilidad en el estudio. De cada molde se extrajeron tres mediciones, dándonos un total de 150 datos, para un mejor uso de histogramas y cartas de control.

Los límites de especificación del tamaño de la partícula para las barras de chocolate amargo han sido dados por la asociación, las cuales se detallan en la tabla 10-3.

Tabla 10-3: Límites de especificación del producto.

Límite	Tamaño(µm)
Límite superior	15
Límite central	14
Límite inferior	12

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

A continuación, se detalla en la siguiente tabla 11-3, los datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo de la barra de 250 g, para realizar el análisis de capacidad, normalidad de datos, y sus respectivas interpretaciones del proceso mediante las cartas de control.

Tabla 11-3: Datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo.

	N° de muestra	Tamaño(micras)		
		Medición 1	Medición 2	Medición 3
DÍA 1	1	15,5	16,5	17
	2	16	16	17
	3	13	12,5	13
	4	16	16	16
	5	14	14,5	15
	6	12	11	13
	7	16	16	17
	8	16	16	14
	9	17	17	15
	10	14,5	14	15
	11	18	19	18
	12	12	13,5	13
	13	14	15	14
	14	17	16	16
	15	13	12,5	13
	16	14	13	14,5
	17	18	16	16
	18	15	15	14
	19	15,5	16	16
	20	14	14	13
	21	16	17	16
	22	15	15	14,5
	23	12	12	14
	24	16	16	17
	25	14,5	14	15
DÍA 2	26	15	15	16
	27	15,5	16	15,5
	28	14	14	15
	29	16	17	16
	30	15	15	15
	31	12	12	12,5
	32	16	16	15,5
	33	14,5	14	14
	34	18	18	17
	35	13	13,5	13
	36	16	16	14
	37	17	17	15
	38	14,5	14	15
	39	18	19	18
	40	12	12	14
	41	16	16	17
	42	14	14	15
	43	18	18	16
	44	13	13,5	14
	45	15	16	16
	46	13	13,5	13
	47	19	19	20
	48	16	16	17
	49	13	12,5	13
	50	15,5	15,5	15

Fuente: Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

A continuación, se procede a calcular la media de las medias del proceso, mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \bar{x}_4 \dots + \bar{x}_n)}{n} \quad (1)$$

Donde:

$n = 50$, cantidad de muestras por subgrupo.

$$\bar{X} = 15,11$$

Para el cálculo de la media se llevo a cabo la sumatoria de las medias en base a la cantidad de subgrupos, a lo cuales se los dividió por el $n = 50$, obteniendo como resultado una media de 15,11. Seguidamente se calcula la desviación estándar, la cual se obtendra mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$
$$\bar{R} = \frac{\sum R(\text{Número máximo} - \text{Número mínimo})}{n} \quad (2)$$

Donde:

\bar{R} = Media de los rangos

d_2 = Tamaño de subgrupo de 3, el valor de $d_2 = 1,693$

$$\bar{R} = \frac{\sum R(\text{Número max} - \text{Número min})}{n} \quad (3)$$
$$\bar{R} = 1,05$$

El valor de la media del rango en relación a los 50 subgrupos, es de 1,05.

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$
$$\sigma = \frac{1,05}{1,693}$$
$$\sigma = 0,62$$

Tomando en cuenta la media de los rangos 1,05 y el valor d_2 , una cantidad constante usada para el número de subgrupos, se obtuvo una desviación estándar de 0,62. Esto nos deja saber que nuestros datos están dispersos con respecto a la media.

3.5.2.5. Normalidad de los datos

De igual manera para realizar la capacidad del proceso, primeramente, se analizó la normalidad de los datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo, para verificar si los datos surgen de una población distribuida normalmente.

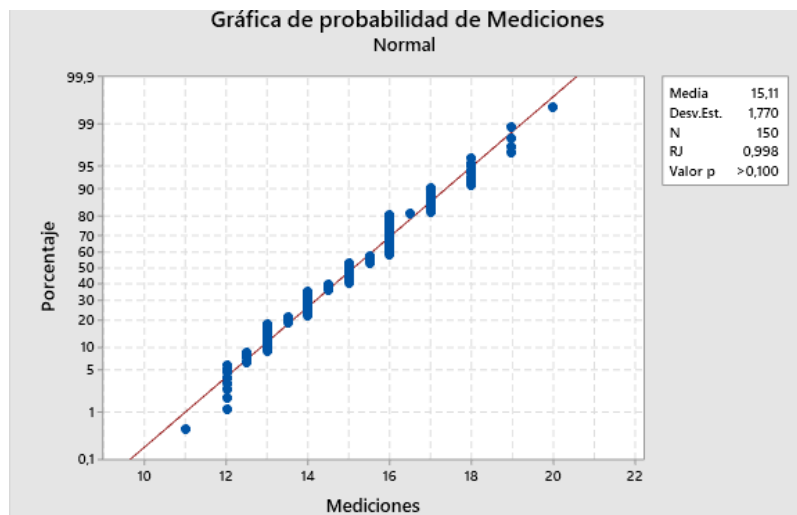


Ilustración 24-3: Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente ilustración 24-3, el método de shapiro-Wilk indica que el valor de p es mayor a 0,1, por ende, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, es decir, los datos de la población están distribuidos normalmente.

3.5.2.6. Tamaño de la partícula adecuada para el chocolate amargo en barras

Tabla 12-3: Clasificación de chocolate amargo en barras

Calidad	Tamaño (μm)
Buena	15- 20
Media	22-25
Baja (inclusiones)	25-30

Fuente: (Blackwell, 2017)

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 12-3, Blackwell detalla la clasificación del tamaño de la partícula de chocolate amargo, en el cual se indica que para obtener barras de chocolate amargo en condiciones óptimas se debe elaborar el producto con tamaños de partículas entre (15-20) micras.

Tabla 13-3: Tamaño de la partícula de chocolate amargo adecuada.

Autores	Calidad buena
Kuster	< 20 μm
Valverde Ayllón	10-12 μm

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De igual manera, en la tabla 13-3, se detalla los tamaños de partícula de chocolate amargo con respecto a una calidad óptima. Estos datos fueron proporcionados por Kuster, quién presento

resultados de su estudio acerca de la molienda de licor de cacao y ,por ende, de barras de chocolate amargo, en donde la calidad idónea del tamaño de la partícula está específicamente, por debajo de $20 \mu m$ (Blackwell, 2009,p.145). Finalmente, Valverde Ayllón, indica en su estudio que el tamaño óptimo de partícula de chocolate amargo está entre 10 a 12 micras (Valverde Ayllón, 2019,p.17).

3.5.2.7. Cálculo de los índices de capacidad mediante Minitab19

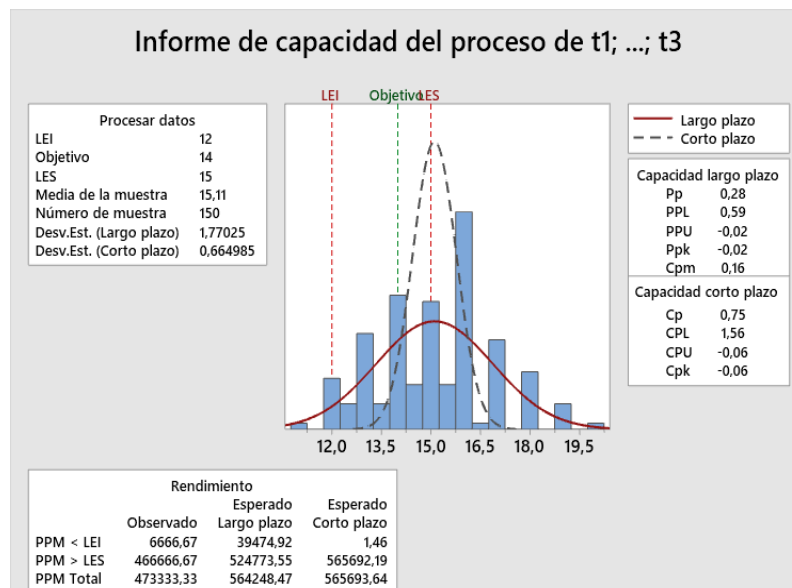


Ilustración 25-3: Análisis de capacidad del proceso.
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente ilustración 25-3, acerca del análisis de capacidad de proceso actual, con respecto al tamaño de la partícula de la barra de chocolate amargo de 250 g, se observa que algunos datos están por fuera de los límites de especificación tanto superior ($15 \mu m$), como inferior ($12 \mu m$). Del mismo modo, existe mucha variabilidad en el proceso, por lo cual hay cierta cantidad de los datos alejados del objetivo.

- **Índice de capacidad Cp (Pp):** Dado que el valor de Cp del estudio es de 0,75, y el valor recomendado para que el proceso sea aceptable es de $Cp > 1,33$; se afirma que el proceso no es el adecuado para el trabajo, por lo que se requiere rectificaciones serias para alcanzar un nivel de calidad óptimo.
- **Índice de Capacidad inferior Cpl (PPL):** Existe un subgrupo fuera del límite de especificación inferior, al igual que, otros que están sobre el límite especificado ($12 \mu m$), lo cual hace que la capacidad potencial del proceso no sea del todo idónea en relación con el LEI.
- **Índice de Capacidad superior Cpu (PPU):** La distancia de la media del proceso con respecto al límite superior es menor y a su vez negativo, con un valor Cpu de -0,06; de esta

forma la capacidad potencial del proceso es deficiente en relación con el límite de especificación superior, pues, la mayoría de los datos están fuera de los límites establecidos, en relación a la media y el (LES).

- **Índice de Capacidad real del proceso Cpk (Ppk):** Dado que el valor de Cpk es -0,06; el proceso está descentrado y a su vez más del 50% de los datos del proceso están fuera de los límites de especificación.
- **PPM < LEI:** La probabilidad de que estén productos defectuosos por debajo del límite inferior es de 6666,67 unidades por cada millón de unidades producidas.
- **PPM < LES:** La probabilidad de que estén productos defectuosos sobre el límite superior es de 466666,67 unidades por cada millón de unidades producidas.
- **PPM:** La probabilidad de que existan productos defectuosos en el proceso total es de 473333,33 unidades por cada millón de unidades producidas.

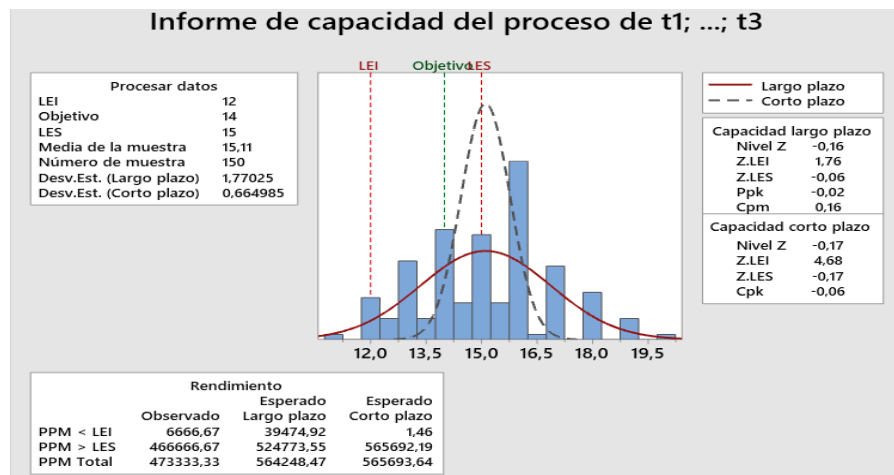


Ilustración 26-3: Análisis de la capacidad del proceso respecto al nivel Z.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 26-3, se observa que el valor de nivel Z tanto en el análisis de capacidad a largo plazo y a corto plazo es de -0,16 y -0,17, respectivamente, por ende, dado que estos valores son relativamente bajos, el proceso necesita las mejoras correspondientes para un mejor nivel sigma.

De igual manera, el PPM total de defectos por millón de oportunidades es de 473333,33, por tanto, el rendimiento del proceso estaría por el 31 %, al igual que con un nivel sigma de 1.

3.5.2.8. Cartas de control (X-R)

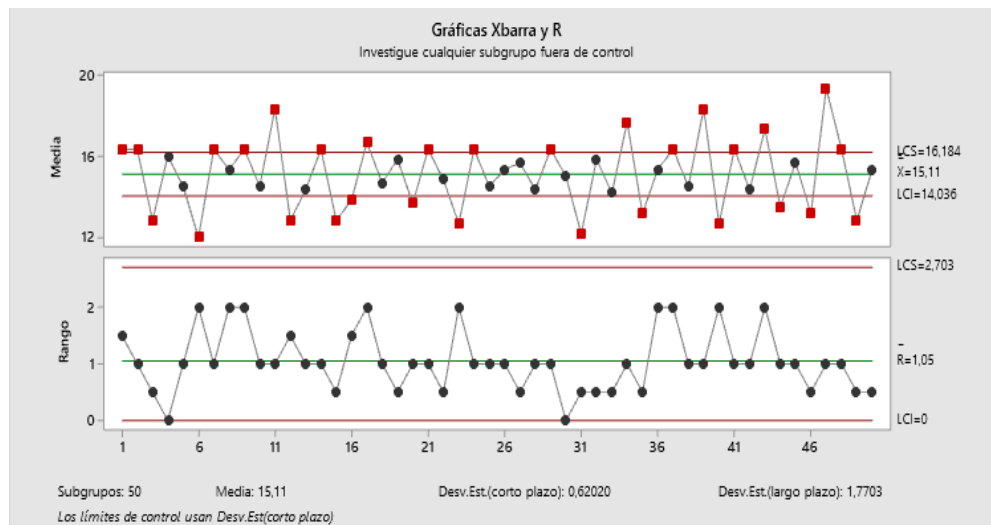


Ilustración 27-3: Gráfica X-R del proceso.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

- De acuerdo a la ilustración 27-3, el proceso no es estable, dado que existen muchos subgrupos fuera de los límites de control tanto superior como inferior en la gráfica de medias. De igual manera, existen subgrupos que están sobre las líneas de control, así como también hay subgrupos que se encuentran dentro de los límites de especificación. Por último, se deben corregir los subgrupos que están fuera de los parámetros de especificación para obtener un proceso estable.
- De igual manera, en la gráfica de rangos presente en la ilustración 27-3, se podría decir que el proceso es estable debido a que ningún subgrupo se encuentra fuera de los límites de especificación, sin embargo, debido que existen subgrupos fuera de los límites de control en la gráfica de medias, el proceso pudiera ser inestable.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se aplicarán las fases finales de la metodología DMAIC, comenzando por el análisis, a fin de identificar las principales causas de la situación problemática empleando herramientas. Posteriormente, en la etapa de mejora, se implementarán los ajustes pertinentes una vez descubiertas a través del diseño experimental. Finalmente, en el control, se vigilará que el proceso se mantenga estable.

4.1. Etapa de análisis

4.1.1. *Diagrama 5 porqués*

Una vez que se tiene definido el principal problema, que es la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, la cual afecta a la calidad del producto, se realiza un análisis del problema utilizando las herramientas de los 5 porqués y el diagrama Ishikawa. Estas representaciones gráficas se utilizarán para encontrar las posibles causas que estén afectando la calidad del producto debido a la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo. Es indispensable el uso de las 5 M (Materia prima, máquinas, mano de obra, medio ambiente y método) para emplear efectivamente el diagrama causa-efecto o Ishikawa. Para un eficaz uso de la herramienta 5 porqués fue necesario entablar una conversación con la administradora de la asociación, operadora de producción, presidente de la asociación y otras personas involucradas en el proceso de elaboración de las barras de chocolate amargo.

Una vez que se ha obtenido la información primaria acerca de los factores que podrían influir con respecto al problema, se aplicará la herramienta de los 5 porqués para investigar la causas raíces de la presencia de los grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, considerando la maquinaria, mano de obra, materia prima, medio ambiente y método.

Para analizar el diagrama 5 porqués en cuanto a maquinaria y método se hará con respecto a la máquina descascarilladora, porque no extrae las cascarillas en su totalidad. Además, para evaluar el método se considerará el empleo de la máquina descascarilladora y la descascarilladora artesanal.

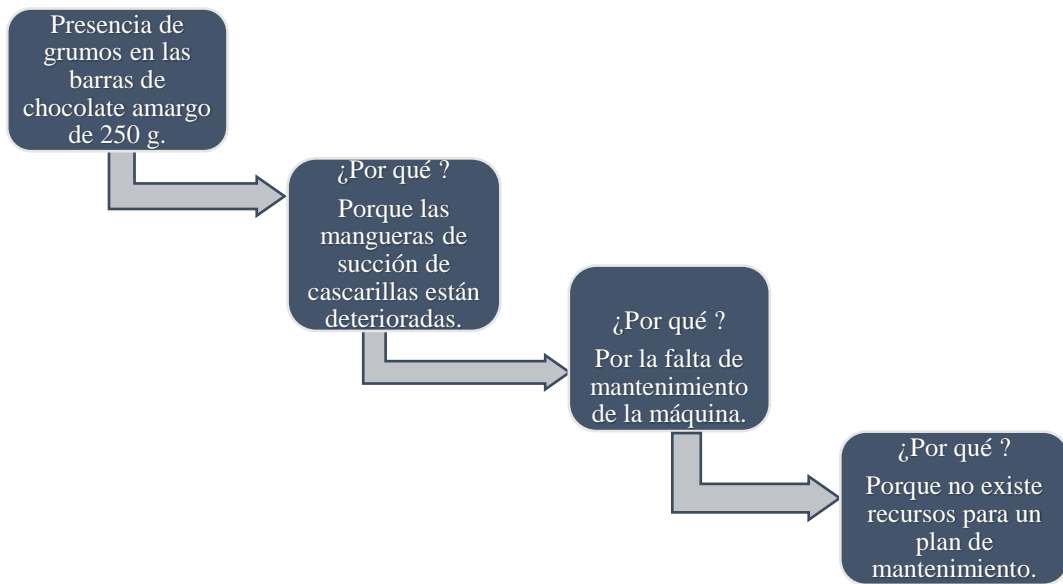


Ilustración 1-4: Diagrama 5 porqués, 2023, máquina.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

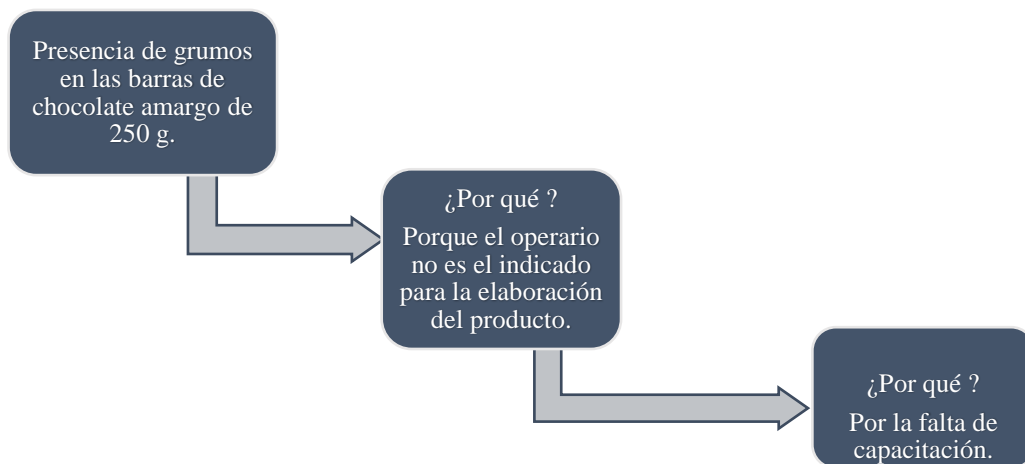


Ilustración 2-4: Diagrama 5 porqués, operadores.

Realizado por: Yambay, Jefferson. 2023.

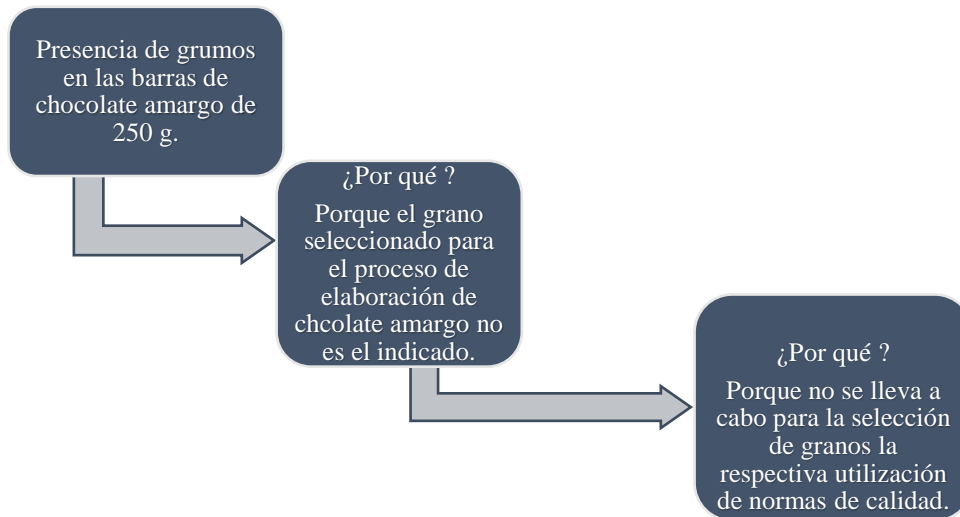


Ilustración 3-4: Diagrama 5 porqués, materia prima.

Realizado por: Yambay, Jefferson, 2023.

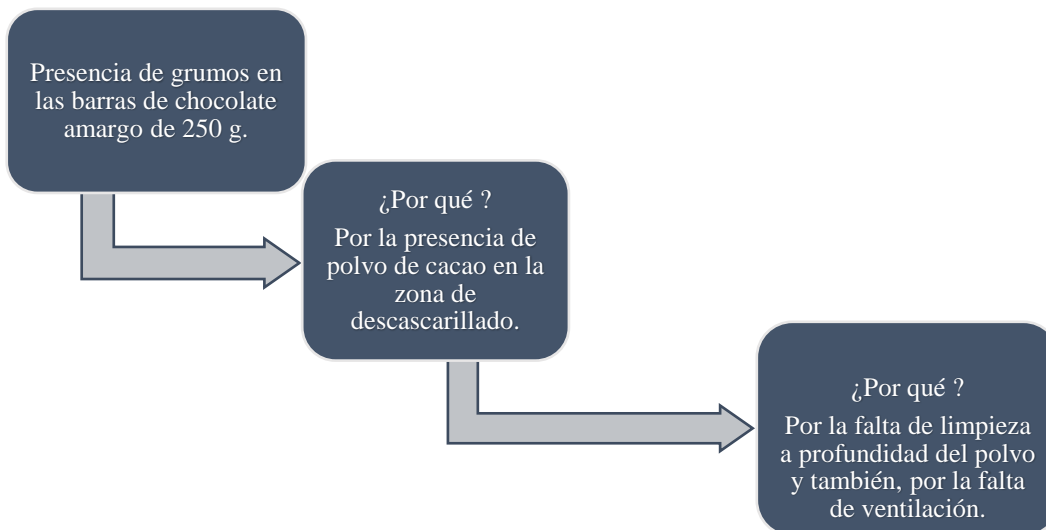


Ilustración 4-4: Diagrama 5 porqués, medio ambiente.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

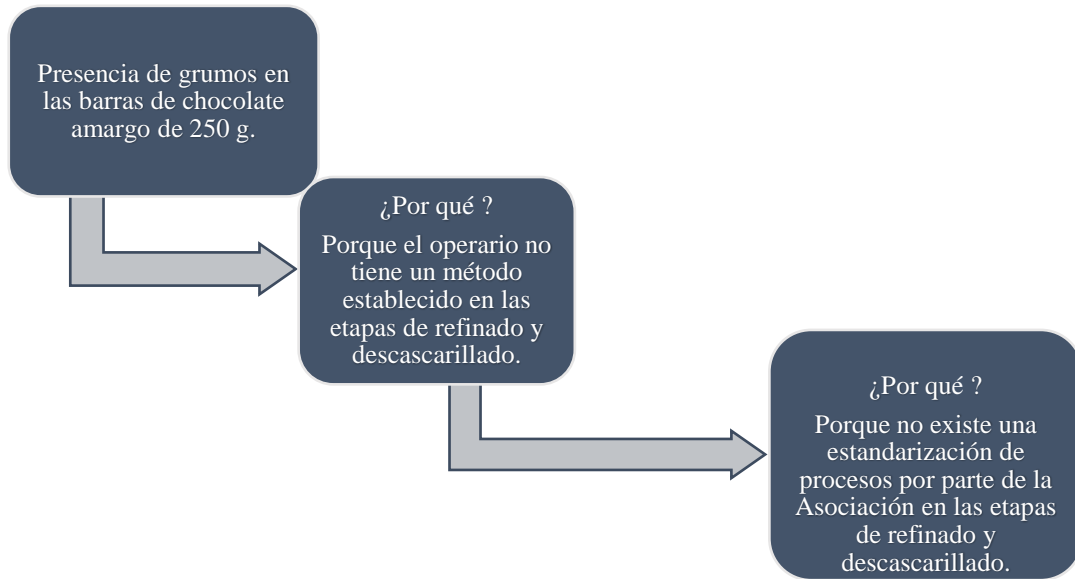


Ilustración 5-4: Diagrama 5 porqués, método.

Realizado por: Yambay, Jefferson, 2023.

4.1.2. *Diagrama Ishikawa*

En este diagrama se identificarán las principales causas que influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, los cuales fueron identificados en el diagrama 5 porqués; para crear este diagrama, se observó el proceso de fabricación de las barras durante la jornada laboral, además, se hicieron una serie de preguntas al personal que trabaja directamente y a la parte administrativa de la asociación para identificar qué factores podrían estar causando los grumos en el producto al final del procesamiento. De esta manera, toda la recopilación de información ha sido de gran importancia para la elaboración del diagrama Ishikawa.

La ilustración 6-4, muestra el diagrama Causa-Efecto, el cual contiene todas las causas potenciales que hay que considerar para identificar los factores con mayor impacto que influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

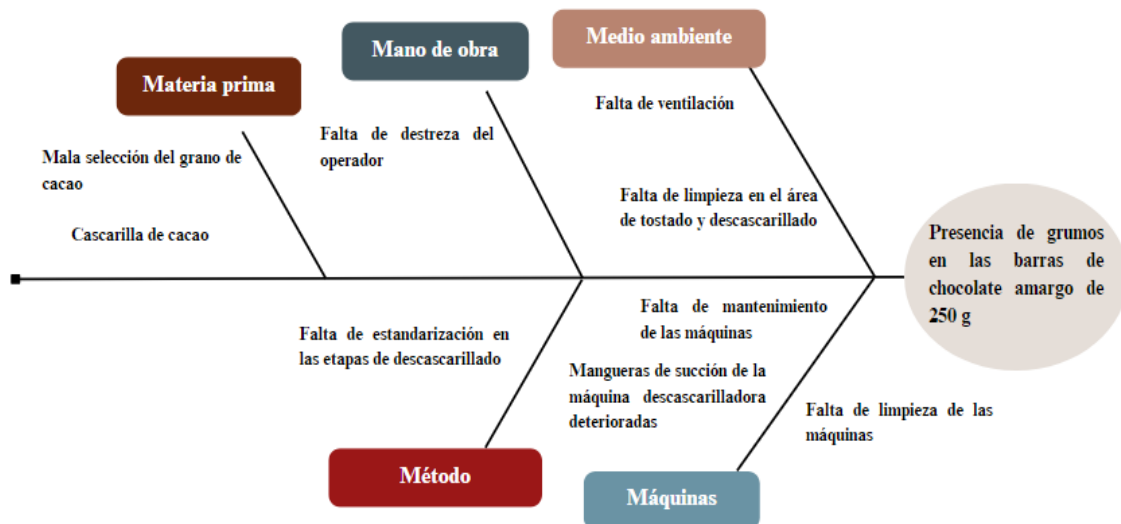


Ilustración 6-4: Diagrama causa-efecto de las principales causas que generan los grumos.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

4.1.3. Matriz causa-efecto

Después del planteamiento de las posibles causas que influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se aplicó la matriz de causa-efecto (tabla 1-4), para de esta manera determinar los factores que más relación tenga con la problemática estudiada, para consecuentemente profundizar el análisis en dichos factores. Para esta matriz se consideraron los siguientes factores en la variable salida las cuales son: grumos en las barras de chocolate y a su vez la calidad del producto que se verá afectada por la presencia de estos, las ponderaciones correspondientes son: 10 y 7. Por último, en relación entre las variables de entrada y salida, se consideraron los siguientes valores: “9” relación fuerte, “5” relación moderada, “1” relación baja y “0” relación nula.

Tabla 1-4: Matriz causa-efecto entre las variables de entrada y salida.

MATRIZ CAUSA EFECTO			
TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CHOCOLATE AMARGO EN LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DE AROSEMENA TOLA TSATSAYAKU.		
Yi	Salidas del proceso		
Nombre Y's	1	2	3
	Grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g	Calidad del producto	
La relevancia de cada uno de los Y's para el cliente	10	7	

Entrada del proceso		CORRELACIÓN ENTRE CAUSA - EFECTO $X_i \leftrightarrow Y_i$		TOTAL
Xi	Nombre de cada entrada			
1	Falta de destreza del operador	5	5	85
2	Cascarilla de cacao	9	9	153
3	Mala selección del grano de cacao	9	9	153
4	Mangueras de succión de la descascarilladora deterioradas	9	9	153
5	Falta de limpieza de las máquinas	9	5	125
6	Falta de mantenimiento de las máquinas	5	0	50
7	Falta de ventilación	5	1	57
8	Falta de limpieza del área de tostado y descascarillado	1	1	17
9	Falta de estandarización en las etapas de descascarillado	5	1	57
				850

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En tabla 1-4, la columna total muestra datos de la multiplicación de las entradas del proceso que pueden influir en la problemática por las salidas del proceso que son la presencia de grumos y la calidad del producto. Los puntajes más altos obtenidos fueron: cascarilla de cacao, mangueras de succión deterioradas, selección ineficiente de los granos de cacao, limpieza de máquinas y falta de destreza del operador.

4.1.4. Diagrama de Pareto

Una vez que se realizó la matriz causa-efecto, en donde se determinaron las valoraciones de las variables de entrada, que nos permitieron medir el nivel de relación que tiene cada uno de los factores analizados con la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250g, se decidió usar el diagrama de Pareto, el cual nos ayudó a identificar los factores principales con mayor influencia en el tema de investigación.

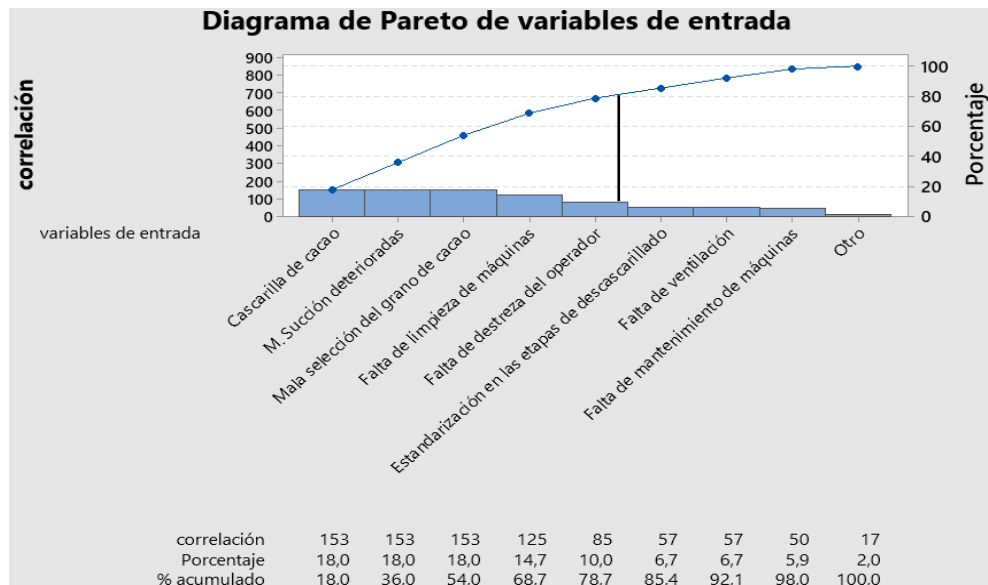


Ilustración 7-4: Diagrama de Pareto de las causas principales.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 7-4, se observa que alrededor del 80% de los problemas que influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, están dados por los siguientes factores: cascarilla de cacao, mangueras de succión deterioradas, selección ineficiente de granos de cacao, limpieza de máquinas y por la falta de destreza del operador, por ende, es necesario desarrollar una investigación más profunda en estos factores con el objetivo de determinar las mejoras que nos permitan disminuir la presencia de grumos en las barras de chocolate.

4.1.5. *Análisis de las causas raíces*

Al analizar las causas fundamentales que tienen incidencia en la formación de grumos en las barras de chocolate, se determinó que la presencia de cascarillas en el proceso de fabricación es algo determinante. Esta conclusión se basa en un consenso entre la administradora de la planta, los operarios y el presidente de la asociación, quienes coinciden en que esta es una causa importante.



Ilustración 8-4: Presencia de casçarillas en los nibs

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la ilustración 8-4, se muestra los nibs de cacao una vez pasado por los dos procesos de descascarillado, también, en esta etapa se encuentran pequeñas casçarillas de cacao, los cuales serán procesados junto con los nibs para la elaboración de chocolate amargo. Este inconveniente se da porque las casçarillas son pequeñas, poseen el mismo color del grano y a su vez vienen pegado junto con el grano triturado, lo cual hace difícil al operario que pueda retirarla de manera manual.

De la misma forma, una de las razones por las que se forman grumos en las barras de chocolate amargo es porque las mangueras de succión de la máquina descascarilladora están dañadas (ilustración 9-4). Por lo tanto, si no hay una extracción adecuada de las casçarillas, una gran cantidad de ellas saldrá de la primera etapa de descascarillado, lo que provocará un alto nivel de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.



Ilustración 9-4: Mangueras de succión dañadas

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Asimismo, la mala selección de los granos de cacao es una variable descartada para los siguientes análisis, pues, mediante charlas con la parte operaria y administrativa se determinó que este factor

no es influyente, debido a que el operario tiene las instrucciones necesarias para seleccionar el grano adecuado sin moho u otros defectos, y la máquina clasificadora de cacao tiene un nivel de eficiencia elevado para seleccionar los mejores granos, por lo cual también incide a que la variable de selección ineficiente del grano sea descartado para los siguientes análisis.

La falta de limpieza en las máquinas, también es un factor que está descartado para los próximos análisis, pues, los operadores de la asociación llevan a cabo una limpieza exhaustiva de todos los equipos cada vez que se usan en cada sección (ilustración 10-4). En particular, en el área de transformación, en donde se lavan las máquinas con agua para cumplir con los estándares de higiene alimentaria.



Ilustración 10-4: Limpieza de máquinas

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Por último, la falta de destreza por parte del operador también es un factor que influye en la presencia de grumos, debido a que no se cuenta con una estandarización de procesos regular, lo cual hace que cada operario realice las barras de chocolate amargo de 250 g, bajo sus propios criterios. Los procesos en donde varían mayormente son en las etapas de descascarillado y refinado. De esta forma, el análisis del modo de trabajo de cada operador es importante para conocer el nivel de incidencia en relación a la problemática.

4.1.6. Análisis de varianza

Se realizará el análisis de varianza para cada uno de los factores que se han determinado como posibles causantes de la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g. Para lo cual se tomarán muestras de los tamaños de la partícula de chocolate amargo.

4.1.6.1. Análisis de varianza por la falta de destreza del operador

Para determinar si la falta de destreza por parte de los operadores es un factor influyente en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se decidió realizar un análisis de varianza con los dos operarios encargados de la elaboración del producto, quiénes son: Kimberly y Christian, para lo cual se utilizará los programas minitab 2019 y Excel.

Tabla 2-4: Datos de los operadores.

OPERADORES	RÉPLICAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KIMBERLY	14	16	13	15	15,5	16	14	16	14,5	14
CHRISTIAN	18	17	14,5	15,5	18	14	15,5	17	15	16

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

A continuación, en la siguiente tabla 2-4, se detallan las diez muestras de cada operador al concluir la elaboración de las barras de chocolate amargo.

Formulación de hipótesis

H₀: Hipótesis nula

Los operadores no influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

H_a: Hipótesis alternativa

Los operadores si influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Para realizar el análisis de varianza (ANOVA), se utilizó el software Excel, en donde se introdujeron los datos recopilados de los operadores de la asociación en lo que respecta al tamaño de partícula de chocolate amargo.

ANOVA

Tabla 3-4: Anova de los operadores

FV	SC	GL	CM	F _o	F _α	CD
Operadores	7,8125	1	7,8125	5,053908356	4,413873419	Significativo
Error	27,825	18	1,545833333			
Total	35,6375	19	1,875657895			

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente tabla 3-4, con un nivel de confianza del 95%, el valor de $F_o > F_α$, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. De esta manera, se determina

que los operadores si influyen en la presencia de los grumos en las barras de chocolate amargo. Además, el método utilizado para la elaboración del producto por cada operador es diferente.

Gráfica de intervalos mediante el software minitab 2019 acerca del tamaño de partícula del chocolate amargo con respecto a los operadores

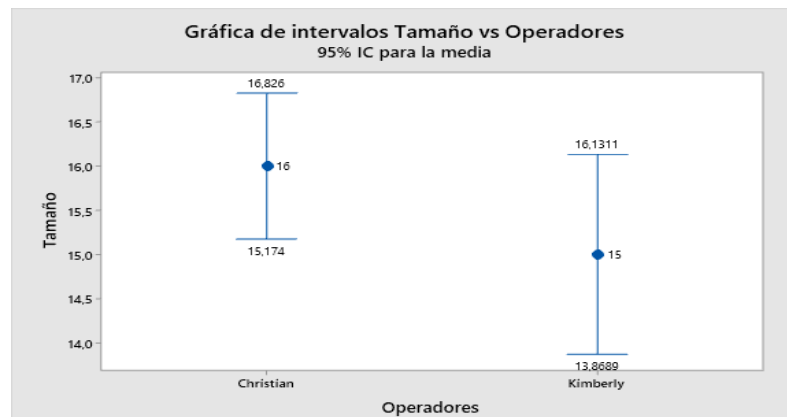


Ilustración 11-4: Varianza de operadores

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente ilustración 11-4, se observa que efectivamente existe variabilidad en cuanto a la elaboración de la barra de chocolate amargo por cada operador, pues Kimberly elabora el producto en su mayoría dentro de los parámetros establecidos por la empresa, por otra parte, el método de elaboración del producto por parte de Christian sobrepasa los límites establecidos para un producto de calidad, por consiguiente este método tendrá una elevada presencia de grumos en las barras de chocolate.

Gráfica de cajas de los operadores

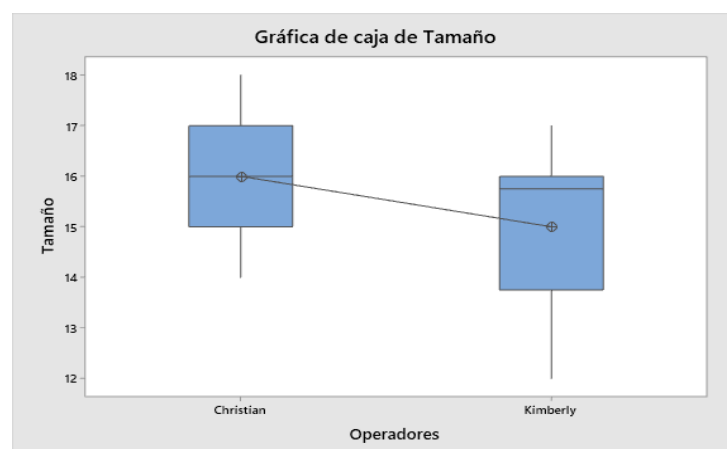


Ilustración 12-4: Gráfica de cajas con respecto a los operadores.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la ilustración 12-4, se muestra que, si existen diferencias significativas entre los operadores, pues, Christian realiza un producto con valores por encima de los parámetros establecidos, lo que genera una mayor presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g. Por otro lado, Kimberly, elabora un producto en gran medida dentro de los parámetros establecidos con tamaños de partícula que abarca desde los 12 hasta 17 micras, lo que resulta en una presencia menor de grumos.

4.1.6.2. Análisis de varianza de las cascarillas

Asimismo, para determinar si las cascarillas de cacao son un factor influyente en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se decidió realizar un análisis de varianza con respecto a dos días de elaboración del producto y determinar si a mayor cantidad de fabricación existe un número mayor o menor de grumos.

Tabla 4-4: Datos de los kilogramos de nibs con relación al tamaño de la partícula.

KILOGRAMOS DE NIBS	RÉPLICAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(30 KG)	18	17	15	15	18	14	17	18	15	17
(24 KG)	15	16	12	13	15	15	16	14	16	14

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 4-4, se presentan las diez muestras del estudio, teniendo en cuenta que para cada día de fabricación se tomaron diferentes kilogramos de nibs, los cuales presentan cascarillas.

Formulación de hipótesis:

H₀: Hipótesis nula

Los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

H_a: Hipótesis alternativa

Los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Igualmente, para realizar el análisis de varianza (ANOVA), se utilizó el software Excel, en donde se introdujeron los datos recopilados del tamaño de la partícula de chocolate amargo en base a los kilogramos de nibs, que suelen tener cascarillas.

ANOVA

Tabla 5-4: Anova de los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas.

FV	SC	GL	CM	Fo	Fα	CD
Kilogramos (nibs)	16,2	1	16,2	7,92391304 3	4,41387341 9	Significativo
Error	36,8	18	2,04444444 4			
Total	53	19	2,78947368 4			

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente tabla 5-4, con un nivel de confianza del 95%, el valor de $F_o > F_α$, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. De esta manera, se determina que los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas si influyen en la formación de los grumos en las barras de chocolate amargo, pues no es lo mismo trabajar con una cantidad de kilogramos de nibs para elaborar el producto, ya que existirá variabilidad en la presencia de grumos.

Gráfica de intervalos mediante minitab 2019 del tamaño de la partícula de chocolate con respecto a las cascarillas.

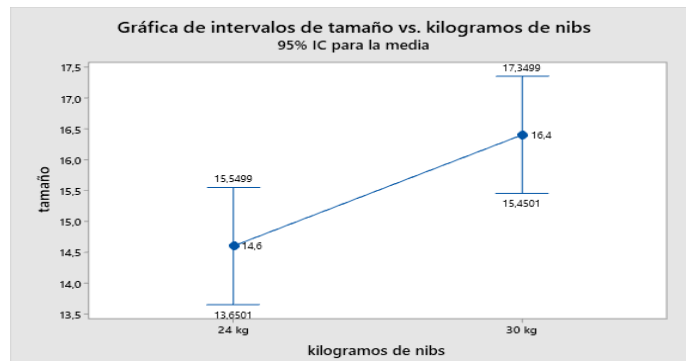


Ilustración 13-4: Varianza de días con presencia de cascarillas.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 13-4, se observa que existe un pequeño traslape entre la parte superior de los tamaños de partícula de chocolate amargo de 24 kg con respecto a la parte inferior de los 30 kg. Asimismo, existe una amplia significancia, dado que a menor cantidad de nibs que se utilicen para la elaboración del producto, existirá menor presencia de cascarillas y, por ende, también una cantidad pequeña de grumos.

Gráfica de cajas mediante minitab 2019 con respecto a los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas.

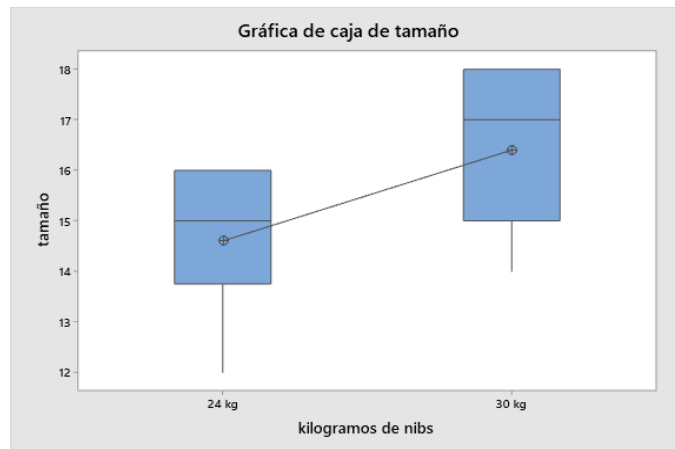


Ilustración 14-4: Gráfica de cajas de cascarillas
Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 14-4, se observa que, si existe diferencia significativa entre los kilogramos de nibs con los que se elabora las barras de chocolate amargo, pues, si se tiene una cantidad mayor, el nivel de formación de grumos es elevada, debido a la mayor presencia de cascarillas, en cambio, sí se elabora con una cantidad de 24 kg de nibs, la presencia de grumos es menor. Además, la variabilidad de los 30 kg es mayor con respecto a la otra cantidad de fabricación de las barras de chocolate amargo de 250 g.

4.1.6.3. Análisis de varianza de las mangueras de succión de cascarillas

Por último, para determinar si la variable de manguera de succión de la máquina descascarilladora incide en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se procederá a realizar el análisis de varianza con las mangueras de succión deterioradas y nuevas, pues, esto permitirá identificar si en efecto las mangueras deterioradas son la causa mayor de la problemática.

Tabla 6-4: Tamaño de partícula de chocolate con respecto a las mangueras de succión.

MANGUERAS DE SUCCIÓN	RÉPLICAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DAÑADAS	15	15	18	17	14	18	17	15	15	17
NUEVAS	15	14	14	14,5	13,5	16	15	14	12,5	14

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 6-4, se presentan los tamaños de la partícula de chocolate amargo con respecto a las mangueras de succión de cascarillas.

Formulación de hipótesis:

Ho: Hipótesis nula

Las mangueras de succión de cascarillas no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: Hipótesis alternativa

Las mangueras de succión de cascarillas si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Para realizar el análisis de varianza (ANOVA), se utilizó el software Excel, en donde se introdujeron los datos recopilados del tamaño de la partícula de chocolate amargo en base a la elaboración del producto utilizando las mangueras de succión tanto nuevas como las dañadas.

ANOVA

Tabla 7-4: Anova de las mangueras de succión.

FV	SC	GL	CM	Fo	F α	CD
Mangueras de succión	17,1125	1	17,1125	11,39777983	4,413873419	Significativo
Error	27,025	18	1,501388889			
Total	44,1375	19	2,323026316			

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente tabla 7-4, con un nivel de confianza del 95%, el valor de $F_o > F_{\alpha}$, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. De esta manera, se determina que las mangueras de succión de cascarillas de la máquina descascarilladora, si influyen en gran medida a la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Gráfica de intervalos mediante minitab 2019 del tamaño de la partícula de chocolate amargo con respecto a las mangueras de succión.

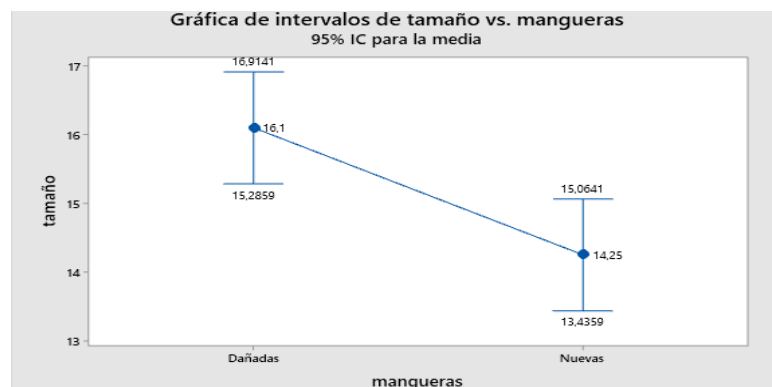


Ilustración 15-4: Gráfica de intervalos con respecto a las mangueras de succión.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente ilustración 15-4, se observa que no existe traslape, por lo cual, el tamaño de partícula del chocolate amargo elaborado con las mangueras de succión nuevas en su mayoría, están dentro de los parámetros establecidos por la asociación, asimismo, el nivel de presencia de los grumos es bajo. Por otra parte, se evidencia que la formación de los grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, es gran medida por la elaboración del producto con las mangueras de succión dañadas, pues, el nivel de extracción de cascarillas es ineficiente, debido a que estas, tienen orificios en sus alrededores, por donde se escapa el aire de extracción.

Gráfica de cajas mediante minitab 2019 de las mangueras de succión.

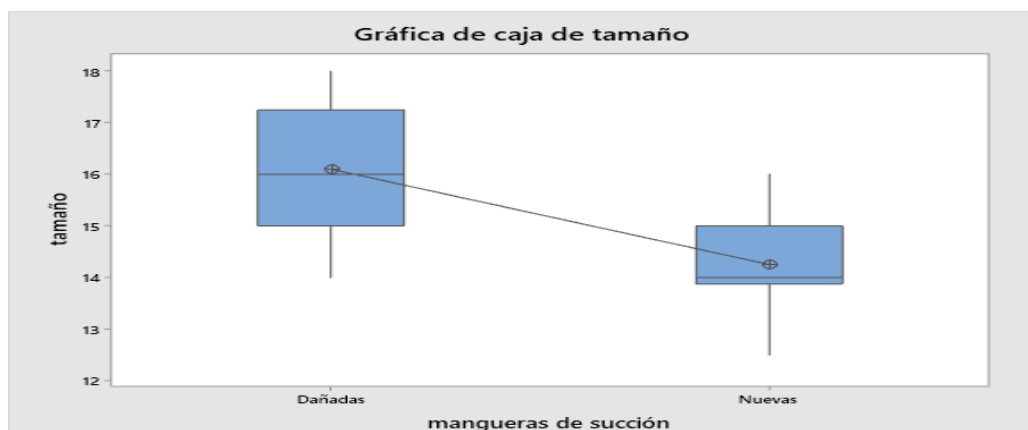


Ilustración 16-4: Gráfica de cajas con respecto a las mangueras de succión de cascarillas.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 16-4, se observa que efectivamente el nivel de significancia entre elaborar el producto con una manguera de succión dañada y nueva es alto, pues, el tamaño de partícula del chocolate amargo está en gran parte dentro de los parámetros establecidos por la asociación cuando se utiliza las mangueras nuevas, por ende, el nivel de grumos es bajo. Por otra parte, tendremos una formación de grumos elevado, cuando se usen mangueras de succión en mal estado, pues, la variabilidad del tamaño de partícula del chocolate es amplio.

4.2. Etapa de mejora

4.2.1. *Diseño experimental*

Después de identificar los factores que tienen una mayor influencia en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se procedió a la toma de datos para realizar el diseño experimental adecuado que nos permita verificar de forma estadística, si realmente la variación de los parámetros de dichos factores produce una diferencia significativa en la variable respuesta.

4.2.1.1. Recolección de datos

Se realizó una recopilación de datos para aplicar un diseño experimental 2^3 , pues, se estudian tres factores con dos niveles cada uno.

Los factores para el estudio se detallan en la tabla 8-4, los cuales son: kilogramos de nibs con presencia de cascarillas, falta de destreza de los operadores y las mangueras de succión.

Tabla 8-4: Datos del tamaño de la partícula de chocolate amargo.

(Kg) nibs	Operarios	Mangueras de succión	OBSERVACIONES (TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DEL CHOCOLATE AMARGO)									
24 Kg	Kimberly	Dañadas	17	16,5	15,5	15	17	16,5	15,5	17	15,5	15,5
30 Kg	Kimberly	Dañadas	16,5	16,5	16	16	17	16	16,5	17	15,5	16
24 Kg	Christian	Dañadas	16,5	16,5	17,5	17	16,5	16	15	16	16,5	17
30 Kg	Christian	Dañadas	16,5	16	16,5	16,5	16,5	17	16	17	16,5	18
24 Kg	Kimberly	Nuevas	13,5	14	14,5	14	14	14	14,5	14,5	13,5	14
30 Kg	Kimberly	Nuevas	14	14	14	14,5	16	14,5	15	14	14	14,5
24 Kg	Christian	Nuevas	14	14,5	14,5	15	15	14,5	14,5	15,5	14,5	14,5
30 Kg	Christian	Nuevas	16,5	16,5	15,5	16,5	15,5	16	16,5	15	17	16

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

4.2.1.2. Formulación de hipótesis

Se establecieron hipótesis en relación a los diferentes escenarios que podrían presentarse de los factores investigados en el diseño experimental, así como las hipótesis existentes en las interacciones entre ellos, con el objetivo de identificar aquellos que tuvieran un impacto significativo en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g. Estas hipótesis son las siguientes:

Factor A: Kilogramos de nibs con presencia de cascarillas.

Ho: Hipótesis nula

Los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: Hipótesis alternativa

Los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Factor B: Falta de destreza de los operadores

Ho: Hipótesis nula

Los operadores no influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: Hipótesis alternativa

Los operadores si influyen en la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Factor C: Mangueras de succión de cascarillas.

Ho: Hipótesis nula

Las mangueras de succión de cascarillas no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: Hipótesis alternativa

Las mangueras de succión de cascarillas si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

INTERACCIÓN DOBLE

Interacción A*B: Kilogramos de nibs con presencia de cascarillas*Falta de destreza de los operadores.

Ho: La interacción entre los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas* falta de destreza de los operadores, no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: La interacción entre los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas* falta de destreza de los operadores, si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Interacción A*C: Kilogramos de nibs con presencia de cascarillas* Mangueras de succión de cascarillas.

Ho: La interacción entre los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas*mangueras de succión de cascarillas, no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: La interacción entre los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas*mangueras de succión de cascarillas, si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Interacción B*C: Falta de destreza de los operadores*Mangueras de succión de cascarillas.

Ho: La interacción entre la falta de destreza de los operadores*mangueras de succión de cascarillas, no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: La interacción entre la falta de destreza de los operadores*mangueras de succión de cascarillas, si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

INTERACCIÓN TRIPLE

Interacción A*B*C: Kilogramos de nibs con presencia de cascarillas*Falta de destreza de los operadores* Mangueras de succión de cascarillas.

Ho: La interacción entre los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas*falta de destreza de los operadores* mangueras de succión de cascarillas, no influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

Ha: La interacción entre los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas*falta de destreza de los operadores* mangueras de succión de cascarillas, si influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

4.2.1.3. ANOVA

Se realizó el diseño experimental ya mencionado, en el cual se aplicó el análisis de varianza a todos los factores con sus respectivas interacciones, estableciendo una tabla anova mediante el uso del software Excel.

Tabla 9-4: Anova del diseño experimental 2³.

FV	SC	GL	CM	Fo	Fα	CD
A	6,33	1	6,33	18,50	3,97	Significativo
B	10,88	1	10,88	31,81	3,97	Significativo
C	48,83	1	48,83	142,77	3,97	Significativo
AB	1,38	1	1,38	4,03	3,97	Significativo
AC	2,63	1	2,63	7,68	3,97	Significativo
BC	3,00	1	3,00	8,78	3,97	Significativo
ABC	1,38	1	1,38	4,03	3,97	Significativo
ERROR	24,63	72	0,34			
TOTAL	99,05	79	1,25			

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 9-4, con un nivel de confianza del 95%, los valores de $F_o > F_\alpha$, por lo tanto, se rechazan las hipótesis nulas de todos los factores independientes, al igual que la de sus interacciones, aceptando las hipótesis alternativas. De esta manera, se determina que los factores estudiados: kilogramos de nibs con presencia de cascarillas, falta de destreza de los operadores y las mangueras de succión, con sus respectivas interacciones, influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g.

De la misma forma, se evidencia que el factor con mayor significancia en el estudio, son las mangueras de succión de cascarillas.

4.2.1.4. Diagrama de Pareto

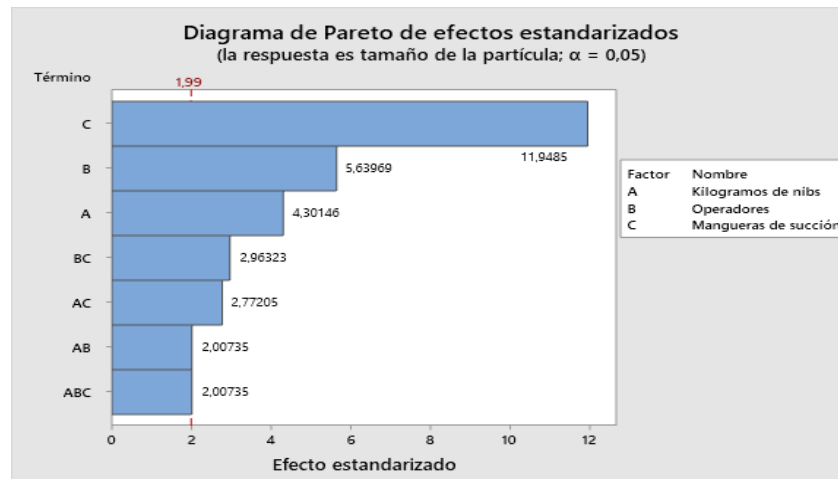


Ilustración 17-4: Diagrama de Pareto del estudio.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 17-4, se observa que el factor que más influye en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, son las mangueras de succión, seguido por las variables de falta de destreza de los operadores y los kilogramos de nibs con presencia de cascarillas.

De igual forma, las interacciones de estos factores son significativos, por lo cual también influyen en la presencia de grumos, pero con un nivel más pequeño con respecto a las variables independientes.

4.2.1.5. Coeficiente de determinación R^2

Tabla 10-4: Coeficiente de determinación R^2 ajustado.

Resumen del modelo			
S	R-cuadrado	R-cuadrado (ajustado)	R-cuadrado (pred.)
0,584820	75,14%	72,72%	69,31%

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 10-4, el porcentaje de 72,72% correspondiente al R^2 ajustado, representa que la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, son causados por los factores: kilogramos de nibs con presencia de cascarillas, falta de destreza de los operadores y mangueras de succión.

Por otra parte, el 27,28% representa que existen otros factores que influyen en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo.

4.2.1.6. Gráfica de efectos

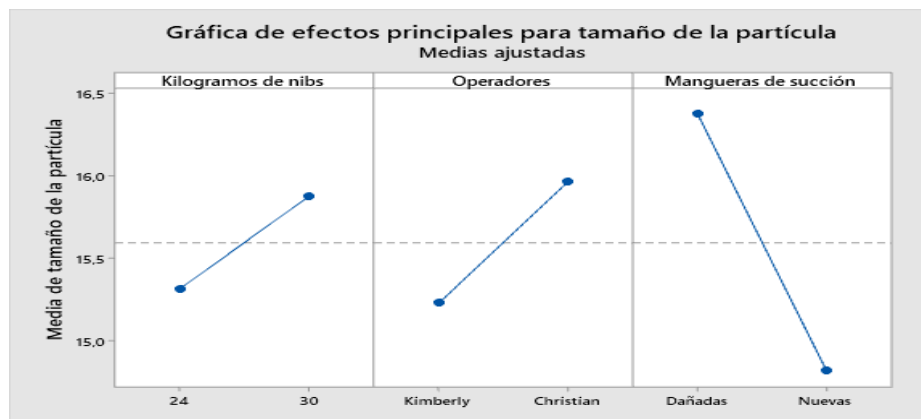


Ilustración 18-4: Gráfica de efectos principales del tamaño de partícula de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 18-4, se observa el desempeño de cada uno de los factores en función al tamaño de la partícula de chocolate amargo.

- En la presente gráfica se observa que mientras menos kilogramos de nibs se utilicen para la elaboración del producto, menor será la presencia de cascarillas y, por ende, la formación de grumos se verá disminuida.
- De igual manera, el método de elaboración del producto por parte de los operadores tiene una variabilidad representativa, pues, Kimberly tiende a elaborar las barras de chocolate amargo con menor formación de grumos.
- Por último, el cambio de mangueras de succión a la máquina descascarilladora es un factor determinante en cuanto a lo que respecta al nivel de presencia de grumos, pues, su variabilidad es alta debido a que la elaboración del producto con las mangueras de succión nuevas, reduce drásticamente la presencia de grumos, ya que el tamaño de partícula está dentro de los parámetros establecidos por la asociación.

4.2.1.7. Gráfica de interacción entre factores

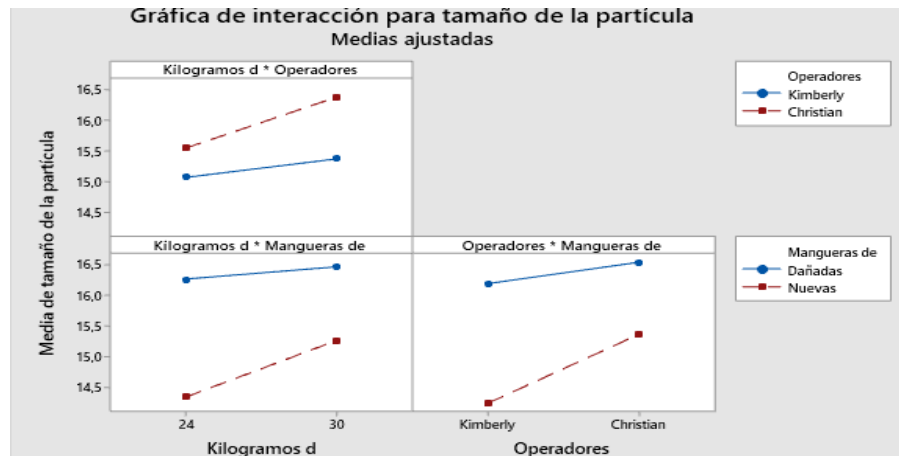


Ilustración 19-4: Gráfica de interacción entre factores con respecto al tamaño de partícula.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 19-4, se observa las diferentes variables respuestas en cuanto al tamaño de partícula de chocolate amargo con respecto a la interacción entre factores.

- En la primera gráfica en la parte superior, se observa la interacción entre los kilogramos de nibs*operadores, en donde se evidencia que mientras menos kilogramos se utilicen para la elaboración de producto, al igual que la fabricación de este por parte de Kimberly, se obtendrán tamaños de partícula del chocolate al borde de los límites de especificación establecidos por la asociación.
- De igual manera, en la interacción entre kilogramos de nibs*mangueras de succión, se observa que mientras menos kilogramos se utilicen para la elaboración de chocolate amargo con las mangueras de succión nuevas, se obtendrán tamaños de partícula dentro de los parámetros establecidos por la asociación, existiendo así una calidad del producto adecuado, además, la presencia de grumos se verá disminuida.
- Por último, en la gráfica entre operadores*mangueras de succión, se aprecia que la elaboración del producto por parte de Kimberly con las mangueras de succión nuevas en la parte de descascarillado, se obtendrán tamaños de la partícula del chocolate amargo dentro de los parámetros establecidos, por ende, el nivel de formación de grumos también será menor.

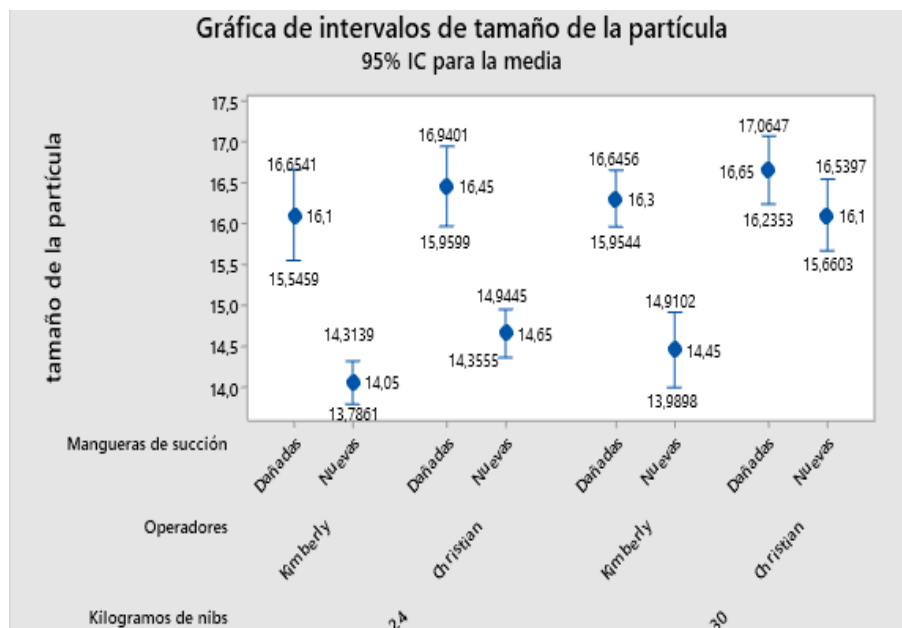


Ilustración 20-4: Gráfica de intervalos de las tres variables

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 20-4, se aprecia que existe una variabilidad con respecto al tamaño de partícula de chocolate amargo, por ende, existirá la presencia de grumos en diversos métodos de elaboración del producto.

De igual manera, se observa en la gráfica, que el mejor método para la elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g, es utilizando los 24 kilogramos de nibs con menor presencia de cascarillas, al igual que, el método de fabricación por parte de Kimberly y con las mangueras de succión nuevas.

Cabe recalcar que existe una pequeño traslape entre la parte del límite superior de la interacción 24 kg*Kimberly*mangueras de succión nuevas, con la interacción 30 kg*Kimberly*mangueras de succión nuevas. Esto se debe a que se utiliza de manera eficiente dos factores determinantes como son el método de elaboración del operador y tipo de manguera.

4.2.2. Implementación de mejora

La implementación de mejora que se realizará, está estrechamente ligado al análisis realizado previamente sobre los factores influyentes en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g. Para obtener la calidad adecuada y a su vez un nivel mínimo de presencia grumos en el producto, se deben optar por las siguientes características:

- **Kilogramos de nibs:** Mediante el diseño experimental 2³, se determinó, que se debe utilizar los 24 kilogramos de nibs, pues, existe un nivel mínimo de cascarillas, lo cual beneficia a que, en la elaboración de las barras de chocolate amargo de 250 g, se formen una menor cantidad de grumos.
- **Operadores:** De igual manera, mediante el diseño experimental se determinó que para obtener un producto con menor cantidad de grumos y a su vez conseguir un tamaño de partícula de chocolate amargo adecuado, se debe optar por el método de elaboración por parte de Kimberly.
- **Mangueras de succión:** Asimismo, se estableció que el uso de las mangueras de succión nuevas en la parte de descascarillado, es un factor determinante en la reducción de grumos en las barras de chocolate amargo.







4.2.2.1. Diagrama de procesos estandarizado, para la elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g.

Tabla 11-4: Diagrama de procesos estandarizado.

DIAGRAMA DE OPERACIÓN DE BARRA DE CHOCOLATE AMARGO									
RESPONSABLE: JEFFERSON YAMBAY FECHA: 2023/02/18 SUJETO DE ESTUDIO: Elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g INICIO-FIN: Inicia con la recepción de materia prima en las cajas de fermentación hasta el almacenamiento del producto terminado en las estanterías del área de refrigeración. MÉTODO ACTUAL: MÉTODO MEJORADO*					N°: 2 DE 2 DEPARTAMENTO: Producción				
Distancia (m)	Tiempo (min.)	N°	ACTIVIDADES						Descripción del proceso
			●	→	■	●	▼	■	
		1	●						Recepción de la materia prima (granos de cacao baboso), en las cajas de fermentación.
3	7200	1	●						Proceso de fermentación
	5	1		→					Transporte al área de secado
	17280	2							Secado de los granos de cacao en las marquesinas
	8	1						■	Inspección y recolección de los granos de cacao secos en sacos
4	5	2		→					Transporte al área de recepción de materia prima
	30	3	●						Clasificación de los granos de cacao
	5	4	●						Recolección de los granos de cacao de buena calidad en sacos de 50 Kg.
5	3	3		→					Transporte al área de tostado y descascarillado
	45	5	●						Tostado de 50 Kg de granos de cacao
	15	6	●						Enfriamiento de los granos de cacao tostados
0,5	3	4		→					Transporte a la descascarilladora (13,5 kg) X3 viajes
	40	7	●						Descascarillado de granos de cacao tostados, primera etapa. Una pasada
	3	8	●						Recolección de los nibs de cacao en diferentes gavetas
0,5	2	5		→					Transporte a la máquina descascarilladora artesanal
	40	9	●						Descascarillado de los granos de cacao, segunda etapa
	5	2						■	Inspección y recolección de los nibs de cacao en gavetas
1	2	6		→					Transporte de los nibs al área de transformación
	3	10	●						Recolección de 24 Kg de nibs cacao
2	1	7		→					Transporte a la máquina de molino de discos
	20	11	●						Molido de los nibs de cacao
1,5	1	7		→					Transporte a la máquina refinadora
	960	12	●						Refinado del molido de los nibs, para la obtención de pasta de cacao
	2	1			■				Inspección de calidad de la pasta de cacao
	8	13	●						Extracción de la pasta de la pasta de cacao en bandejas metálicas
2	1,5	8		→					Transporte a la máquina de atemperado
	45	14	●						Atemperado de la pasta de cacao, para la obtención de chocolate amargo.
	20	15	●						Recolección del chocolate amargo en los moldes (20 moldes)
	4	2			■				Inspección de las moldes de barras de chocolate amargo
3	7	9		→					Transporte de los moldes al área de refrigeración
	1440	16	●						Refrigeración de los moldes de barras de chocolate amargo
	5	3			■				Inspección de las barras refrigeradas
	5	17	●						Extracción de las barras de los moldes
	5,5	18	●						Empaquetado de las barras de chocolate amargo en las fundas de 250 gramos
0,5	2	10		→					Transporte a la máquina selladora
	4,5	19	●						Sellado de las barras de chocolate amargo de 250 g
	2	4			■				Inspección del sellado de las barras de chocolate
0,5	1,5	11		→					Transporte a las estanterías
		2					▼		Almacenamiento de producto terminado

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Tabla 12-4: Tabla resumen del diagrama estandarizado.

RESUMEN				
ACTIVIDAD	SIMBOLO	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)
Operación		19	0	27204
Transporte		11	23,5	34
Demora		0	0	0
Inspeccion		4	0	13
Almacenaje		2	0	0
Combinada		2	0	13
TOTAL:		38	23,5	27264

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la tabla 12-4, se muestra el total de las operaciones del diagrama estandarizado, mediante el método de elaboración de barras de chocolate amargo de 250 g, por parte de la operadora Kimberly.

4.2.2.2. Implementación de la mejora respectiva en cuanto al cambio de mangueras de succión



Ilustración 21-4: Cambio de mangueras de succión.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 21-4, se aprecia las mangueras de succión de cascarillas deterioradas o dañadas, al igual que, las mangueras nuevas.

De igual manera, se observa que alrededor de las mangueras dañadas existen cascarillas, lo cual se produce por la fuga de aire. En cambio, cuando se utilizó la máquina descascarilladora con la implementación de las mangueras de succión nuevas, la fuga era nula.



Ilustración 22-4: Comparativa entre mangueras de succión.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

La ilustración 22-4, muestra en la parte superior los orificios de las mangueras de succión dañadas, comprobando así, la fuga de aire en el instante de extracción de las cascarillas.

Por lo tanto, como implementación del estudio se procedió a realizar el cambio de las tres mangueras de succión, como se muestra en la ilustración 19-4, en la parte inferior.

4.2.3. *Beneficios para la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU*

4.2.3.1. *Cumplimientos con los parámetros establecidos por parte de la asociación*

Mediante la implementación de las mejoras correspondientes en cuanto al cambio de las mangueras de succión de la máquina descascarilladora, elaboración del producto en base al método de Kimberly y a su vez, escoger una cantidad de kilogramos de nibs un poco inferior a lo que se tenía en un principio (24 kg) , se logrará cumplir con las especificaciones por parte de la asociación en cuanto al tamaño óptimo de la partícula de chocolate amargo, y a su vez, reducir la presencia de grumos en las barras de 250 g.

4.2.3.2. Reducción de la presencia de grumos

La implementación de las mejoras propuestas resulta en una disminución de la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, producidos en la línea de producción, al mismo tiempo se garantiza que el promedio y los límites superiores e inferiores se mantengan dentro de los estándares aceptables para la asociación.

Se realizó la recopilación y procesamiento de datos para demostrar la variación entre el método anterior (tabla 13-4), y el método mejorado (tabla 14-4).

Tabla 13-4: Datos del tamaño de partícula del chocolate amargo con el proceso actual

Proceso actual					
Subgrupo	Observaciones(tamaño de partícula)				
	1	2	3	4	5
1	16	14,5	16	15	14
2	14	13,5	16,5	15,5	16
3	14,5	14	14,5	15	14
4	14	18	16	15	16,5
5	14	16	14,5	14	15

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.



Ilustración 23-4: Presencia de grumos en el chocolate amargo

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la ilustración 23-4, se aprecia la presencia de grumos, pues, el tamaño de la partícula de chocolate amargo es de 16 micras.

Tabla 14-4: Datos del tamaño de partícula de chocolate amargo con el proceso mejorado.

Proceso mejorado					
Subgrupo	Observaciones(tamaño de partícula)				
	1	2	3	4	5
1	14	14,5	14	13	14
2	14	14	13,5	15	15
3	14	13,5	14	14,5	13,5
4	13,5	14	14	14	14,5
5	15,5	14,5	14	14	14

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.



Ilustración 24-4: Tamaño óptimo de la partícula de chocolate amargo.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 24-4, se observa el tamaño óptimo de la partícula de chocolate amargo (14 micras), esto después de implementar las mejoras correspondientes.

4.2.3.3. Gráficas de medias y de rangos del proceso actual y mejorado

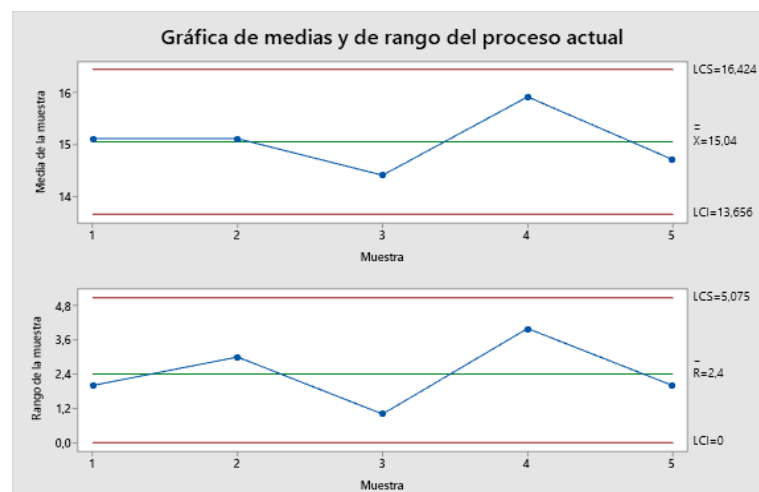


Ilustración 25-4: Gráfica de medias y rangos del proceso actual.
 Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 25-4, correspondiente al proceso actual; se aprecia que todos los datos se encuentran dentro de los límites establecidos, tanto en la gráfica de medias como en la gráfica de rangos, por lo tanto, el proceso es estable. Sin embargo, la media del tamaño de la partícula de chocolate amargo, está por encima de los parámetros establecidos, por lo que existe en gran medida la presencia de grumos.

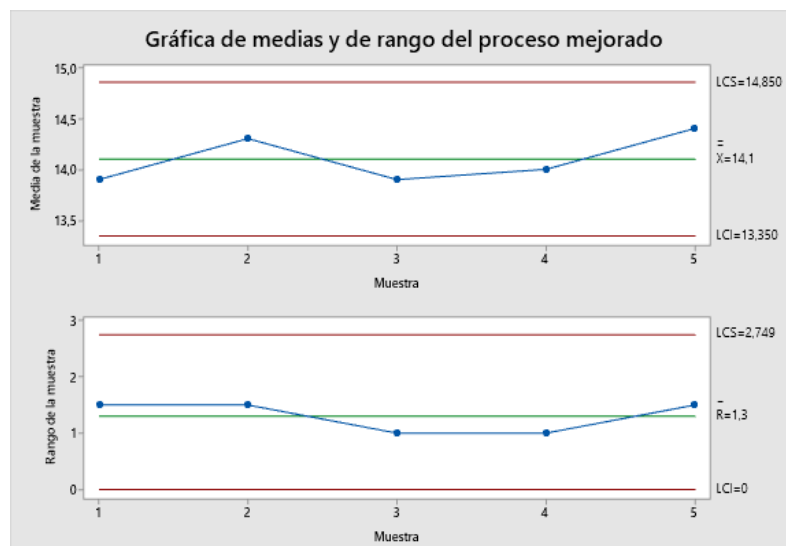


Ilustración 26-4: Gráfica de medias y rangos del proceso mejorado.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De igual manera, en la ilustración 26-4, correspondiente al método mejorado, se observa que el proceso es estable, pues, los datos correspondientes al tamaño de la partícula de chocolate amargo están dentro de los límites de especificación, tanto en la gráfica de medias y de rango. Asimismo, la media está cerca del tamaño óptimo de los parámetros establecidos, la cual es de 14 micras, también, los límites superior e inferior, cumplen con las normas de la asociación.

Datos estadísticos de los límites de medias

Tabla 15-4: Datos de los límites de medias de los procesos.

Datos	LI	LC	LS
Proceso actual	13,66	15,04	16,42
Proceso mejorado	13,35	14,1	14,85

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente tabla 15-4, se detallan los límites de especificación: superior, central e inferior, de los procesos, actual y mejorado.

4.2.3.4. Gráfica comparativa de los procesos

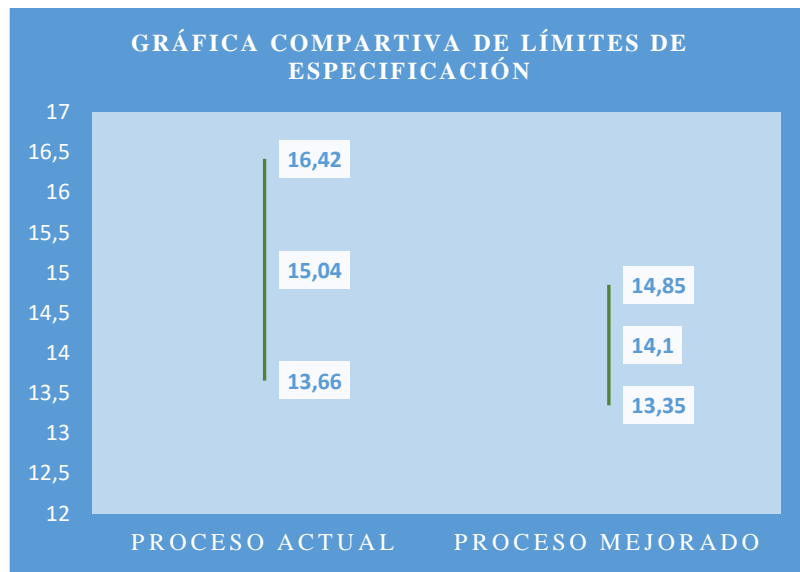


Ilustración 27-4: Gráfica comparativa entre procesos.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 27-4, se observa como los límites de especificación en cuanto al tamaño de la partícula de chocolate amargo, varía respecto a cada proceso.

En el proceso actual se aprecia como existe la formación de grumos, pues, existe tamaños por encima de los parámetros establecidos, de igual manera, la media no es la óptima.

Por otra parte, en el proceso mejorado la presencia de grumos se ve en gran medida reducida, dado que como se observa el superior e inferior están dentro de los parámetros establecidos, de igual manera, la media en cuanto al tamaño es óptimo.

Tabla 16-4: Tabla de variabilidad.

DATOS	RANGO	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN
Proceso actual	2,4	46%
Proceso mejorado	1,3	

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

Se realizó la recopilación y procesamiento de datos para demostrar la variación entre el método actual y el método mejorado. Esto demostró que la variabilidad en cuanto a la disminución de la presencia de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se redujo aproximadamente en un 46%, (tabla 16-4).

4.3. Etapa de control

Para conservar las mejoras implementadas en lo que respecta a la reducción de grumos en las barras de chocolate amargo de 250 g, se debe establecer pautas para supervisar y controlar el proceso.

Para esto fue necesario la recopilación de datos del proceso posteriormente implementada las mejoras, las cuales son: elaborar el producto con una cantidad de 24 kg de nibs con las mangueras de succión de cascarillas nuevas y usar el método de Kimberly.

En la tabla 17-4, se detallan datos recolectados en cuanto al tamaño de partícula de chocolate amargo recogidos en dos días de la producción:

Tabla 17-4: Datos del tamaño de partícula de chocolate amargo

N° de muestra	Tamaño(micras)			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	
DÍA 1	1	14	14	13,5
	2	14	14,5	13
	3	14	14	14
	4	14	15	15,5
	5	14	14,5	15
	6	14	14	13,5
	7	15,5	14,5	14
	8	14	14	14
	9	14	14	14,5
	10	14,5	14	15
	11	14	14	14
	12	14	14	13
	13	14	14,5	14
	14	14	15	15,5
	15	14	14	14
	16	14	13	14
	17	14	13,5	14
	18	14,5	14	14
	19	15	14	14
	20	14	14	13
DÍA 2	21	14	14	15,5
	22	14	14	14
	23	14	14	15
	24	14	14	14
	25	14,5	14	14
	26	14	12,5	14
	27	15,5	14	14
	28	14	14	14
	29	14	14	14
	30	14	13,5	14
	31	14	14,5	14

	32	14	14	15,5
	33	14	14	14
	34	14	14	15
	35	14	14	14
	36	15	14	14,5
	37	14	14,5	14
	38	15	14	14
	39	14	14	14
	40	15,5	14,5	14

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

4.3.1. Análisis de capacidad

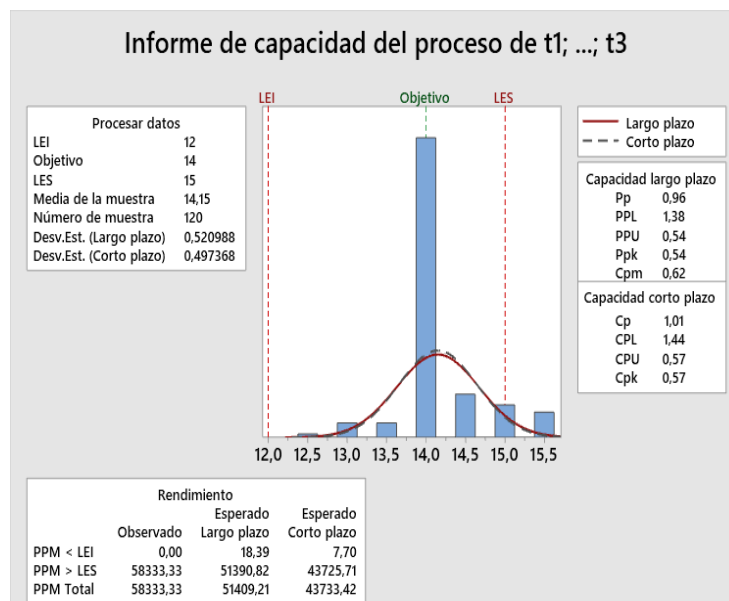


Ilustración 28-4: Análisis de capacidad del proceso mejorado.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

De acuerdo a la siguiente ilustración 28-4, acerca del análisis de capacidad de proceso mejorado, con respecto a la reducción de grumos y tamaño de la partícula de la barra de chocolate amargo de 250 g, se observa que, a comparación con el proceso actual, el nivel de grumos se redujo en gran cantidad. Asimismo, la mayoría de datos se encuentran dentro del tamaño óptimo de la partícula de chocolate.

- **Índice de capacidad Cp (Pp):** Dado que el valor de Cp del estudio es de 1,01; el proceso es el adecuado para el trabajo, sin embargo, se requiere un control estricto del Cp, pues, se aproxima a 1.

- **Índice de Capacidad inferior Cpl (PPL):** El valor del Cpl es de 1,44; de esta forma la capacidad potencial del proceso es idóneo en relación con el límite de especificación inferior. Asimismo, no existen datos por fuera del límite especificado.
- **Índice de Capacidad superior Cpu (PPU):** El valor del Cpu es de 0,57; lo cual es aceptable en comparación con el proceso actual, pues, se nota la mejora en cuanto a la capacidad potencial del proceso. Por otra parte, existe una cantidad mínima de grumos que sobrepasan el límite de especificación superior.
- **Índice de Capacidad real del proceso Cpk (Ppk):** El valor de Cpk es 0,57, lo que significa que la media del proceso se encuentra alejada del centro de las especificaciones. Por este motivo, es preciso realizar una corrección del descentrado, con el objetivo de alcanzar la capacidad potencial descrita por el Cp.
- **PPM < LEI:** La probabilidad de que estén productos defectuosos por debajo del límite inferior es de 0 unidades por cada millón de unidades producidas.
- **PPM < LES:** La probabilidad de que estén productos defectuosos sobre el límite superior es de 58333,33 unidades por cada millón de unidades producidas.
- **PPM:** La probabilidad de que existan productos defectuosos en el proceso total es de 58333,33 unidades por cada millón de unidades producidas.

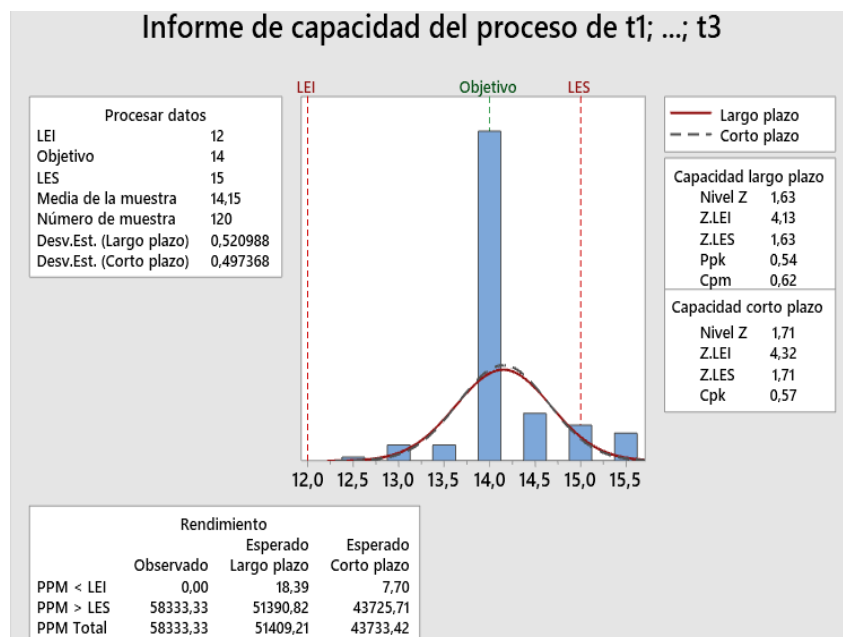


Ilustración 29-4: Análisis de capacidad con respecto al nivel Z.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la ilustración 29-4, el valor de nivel Z tanto en el análisis de capacidad a corto y largo plazo es de 1,63 y 1,71, respectivamente, por lo que se observa una mejora sustancial en el nivel sigma si se compara con el método anterior.

De igual manera, el PPM total de defectos por millón de oportunidades es de 58333, 33 (5,83%), por tanto, el rendimiento del proceso estaría por el 93,32 %, obteniendo así un nivel sigma 3.

4.3.2. Gráfica de medias y de rango de proceso mejorado

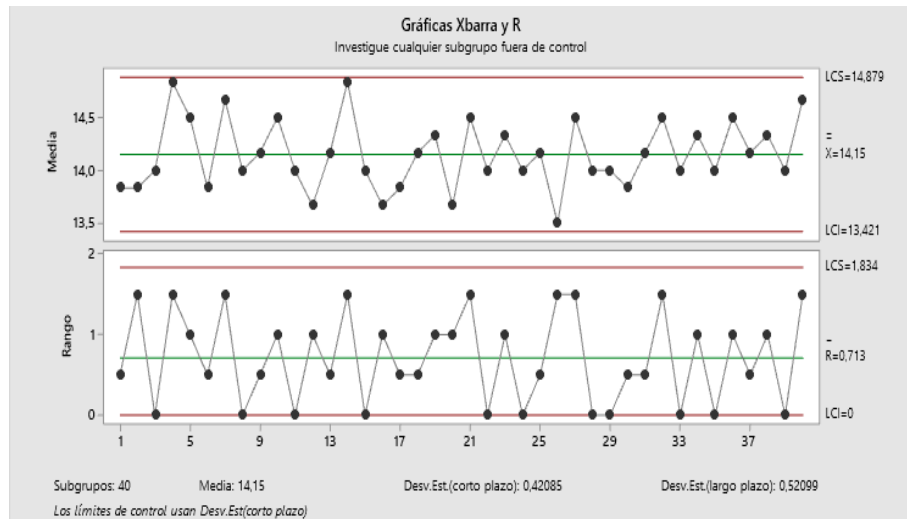


Ilustración 30-4: Gráfica de medias y de rango del proceso mejorado.

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En la siguiente ilustración 30-4, se observa que tanto en la gráfica de medias y de rango, no existen datos fuera de los límites de control superior e inferior, por lo cual el proceso es estable.

De igual manera, mediante la implementación del proceso mejorado se aprecia que, en comparación con el método actual existe una reducción de grumos, al igual que se controló el tamaño de la partícula de chocolate amargo, dentro de los parámetros establecidos por la asociación.

4.3.3. Plan de control

Se creó un sistema de registro periódico del tamaño de partícula de chocolate amargo (tabla 18-4), para controlar la presencia de grumos, y a su vez garantizar la mejora en calidad de los productos. El sistema incluye información del proceso, procedimientos de medición, muestreo, y un plan de acción si fuera necesario.

Tabla 18-4: Plan de control para la asociación TSATSAYAKU.

PLAN DE CONTROL PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO DE AROSEMENA TOLA TSATASAYAKU			
INFORMACIÓN GENERAL			
Fecha:	23/02/2023	Inspección	Administradora de la asociación:
Producto:	Barras de chocolate amargo de 250 g		Ing. Nelly Monar
Proceso:	Elaboración de chocolate amargo		
ESTADO DEL PROCESO			
Fase	Qué monitoreamos	Entrada / Salida	Clave
Moldeado	Tamaño de partícula del chocolate amargo y la presencia de grumos	Entrada	Si
PROCESO DE MEDICIÓN			
Parámetros de referencia	Método de medición	Método de control	Localización
(12-15) μm	Micrómetro	Gráfico X-R	Asociación TSATSAYAKU
Proceso de muestreo			
Tamaño de muestra	Quién o qué lo mide	Frecuencia	
40	Operarios de la asociación	Cada 5 moldes	
Toma de decisiones			
Documento	Lineamiento / Acciones correctivas	Dónde se inscribe	
1	1. Si dentro de la toma de datos se aprecia un incremento de grumos, se debe verificar las mejoras implementadas: Kilogramos de nibs (24Kg), mangueras de succión y método de elaboración. 2. Se debe verificar el tamaño de partícula cada 5 moldes una vez corregido, si la presencia de grumos persiste se debe informar a administración, pues, puede existir otros factores que intervengan en el problema.	Registro del tamaño de la partícula de chocolate amargo	

Realizado por: Yambay Jefferson, 2023.

En un principio la cantidad de grumos presentes en las barras de chocolate amargo de 250 g, era evidente, pues, la media del tamaño de la partícula al inicio del estudio era de 15,11, a su vez el proceso no era estable, puesto que existían muestras fuera de los límites tanto superior e inferior de los estándares establecidos por la asociación. No obstante, una vez identificado las causas raíces que incidían en la problemática, los cuales eran: falta de destreza por parte del operador, mangueras de succión dañadas y la presencia de cascarillas en los nibs, se procedió a implementar las mejoras respectivas como, el cambio de mangueras de succión, elaborar el producto mediante el método de Kimberly y utilizar la cantidad de 24 kg de nibs, obteniendo así una reducción de grumos del 46 %. Por último, en la fase de control se observó que el proceso era estable, pues, los tamaños de la partícula de chocolate amargo tenían una media de 14,15, lo cual indican que se estaba elaborando el producto dentro de los parámetros establecidos.

CONCLUSIONES

En la etapa de definición, se determinó que la presencia de grumos que comprende desde el tamaño de partícula de 16 micras en adelante en la línea de producción de barras de chocolate amargo de 250 g, era la principal problemática, pues, afecta a la calidad del producto y, por ende, el nivel de quejas hacia este, era evidente.

Al examinar los procesos de fabricación de las barras de chocolate amargo de 250 g, en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola, se determinó que existía una elevada cantidad de presencia de grumos en el producto, pues, la probabilidad de que el tamaño de la partícula este por encima de los parámetros establecidos y, por ende, la formación de grumos era del 46,67 %.

En la etapa de análisis se logró determinar los factores más influyentes en la formación de grumos, mediante el uso de las herramientas como: 5 porqués, diagrama Ishikawa, matriz causa efecto, diagrama de Pareto y análisis de varianza. Los factores que influyeron con alrededor del 73% en la formación de grumos en las barras de chocolate amargo son: Destreza del operador, kilogramos de nibs con presencia de cascarillas y las mangueras de succión de la máquina descascarilladora.

De igual manera, en la etapa de mejora o implementación, se determinó mediante el diseño experimental 2³, que el método de elaboración por parte de la operadora Kimberly con las de mangueras de succión nuevas y el uso de 24 Kg de kilogramos de nibs con presencia de cascarillas, ayudaban a que el nivel de formación de grumos disminuya en gran cantidad, obteniendo así un mejor producto de calidad.

Por último, en la etapa de control, se registró datos con respecto al tamaño de la partícula de chocolate amargo, en donde se evidenció que el proceso es estable, puesto que tanto en la gráfica de medias como de rangos ningún subgrupo se encontraba fuera de los límites. De igual manera, el promedio del tamaño de partícula se redujo de 15,11 a 14,15, indicando así la gran disminución de grumos en el proceso de elaboración del producto, a su vez la probabilidad de que existiera grumos mediante las mejoras implementadas es del 5,83%, pues, el nivel sigma mejoró en gran medida a una etapa 3.

RECOMENDACIONES

Es fundamental examinar el estado inicial de los procesos de fabricación de barras de chocolate amargo de 250g de la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU, teniendo en cuenta las recomendaciones que los trabajadores del área ofrecen, dado que poseen los conocimientos necesarios para ejecutar sus tareas y así poder determinar la problemática que será estudiada con mayor precisión.

Es necesario analizar los datos para determinar patrones y tendencias, definir los indicadores clave de rendimiento y establecer objetivos para mejorar el proceso. Además, es importante seleccionar los métodos y herramientas pertinentes para evaluar y mejorar el proceso.

Para identificar los factores que influyen en la formación de grumos, es aconsejable utilizar las herramientas adecuadas con respecto a la metodología DMAIC u otros métodos que permitan esclarecer las causas raíces principales de la problemática en la Asociación de Productores de cacao de Arosemena Tola TSATSAYAKU.

De igual manera, es indispensable crear un plan de acción para optimizar el proceso de mejora con el fin de aplicar las mejores soluciones que puedan contribuir a reducir la problemática. Para esto, se deberá identificar los objetivos y metas de la mejora, diseñar soluciones alternativas, ejecutar las soluciones y controlar los resultados.

Por último, es necesario establecer indicadores de desempeño, controles de calidad que ayuden a medir el éxito del proyecto en cuanto a la reducción de grumos presentes en las barras de chocolate amargo de 250 g, al igual que, definir un plan de seguimiento como hojas de chequeo que permitan vigilar el progreso del proyecto y asegurarse que cumplan los objetivos.

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL FLORES, L. B. Análisis lean six sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [UTA]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31216>

BENALCÁZAR Elizabeth. *Análisis sobre la sostenibilidad del proceso asociativo en la Asociación Kallari.* Análisis sobre la sostenibilidad del proceso asociativo en la Asociación Kallari.

BLACKWELL, W. Industrial Chocolate Manufacture and Use. In S. Beckett (Ed.), *Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition* (Cuarta). <https://doi.org/10.1002/9781444301588.ch17>

BLACKWELL, W. *BECKETT'S Industrial Chocolate Manufacture and Use* (S. Beckett, M. Fowler, & G. Ziegler (eds.); Quinta). <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>

BLANDÓN LÓPEZ, M. G. *Desarrollo de una metodología (DMAIC o Seis Sigma) para evaluación de mermas de materia prima en la planta de alimentos balanceados de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.* <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/65e21c56-5b41-41b9-805c-a039ec8f5774/content>

CÁRDENAS VARGAS, J. I. *Diseño en mejora de procesos basados en la metodología dmaic para la optimización del uso de materias primas en la producción de una línea de cereales en una planta de la ciudad de guayaquil.*

CARRILLO-LANDEZABAL, M. S., VARGAS-ORTIZ, L. E., & PERALTA-ORDOSGOITIA, I. J. T. Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmeccánico. In *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* (Vol. 6, Issue 2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081

CASTAÑO MORALES, S. *Propuesta de implementación de la metodología DMAIC en el sistema de la cerveza artesana "Porter."* 1–133. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/49338/CastanoMoralesSalustio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTILLO MIGUES, J. G. *Reducción de diferencia de inventario de aditivos en el área de producción para una compañía de balanceado de alimentos* [ESPOL].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19134>

DE LA CRUZ, A., GUTIÉRREZ, F., HIDALGO, G., ORTIZ, R., & ROJAS, D. Producción de chocolate norandino Abel De la Cruz , Flavio Gutiérrez . In *Tesis*.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3828/PYT_Informe_Final_Proyecto_CHOCOLATE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EGAS CRUZ, O. V. *Influencia de la marca país" Ecuador" en el proceso de comercialización de productos de consumo masivo. Caso: Chocolates Amargos.*

ESCOBEDO, E., & SOCCONINI, L. *Lean six sigma green belt* (J. Collazos (ed.); Marge book).
<https://elibro.net/es/ereader/epoch/172966?page=1>

FERNÁNDEZ BAO, S. Diseño de Experimentos: Diseño Factorial. [Universidad Politécnica de Catalunya].
In *Upc*.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GABRIELA PLÚAS RÍOS, M., OSWALDO MÉNDEZ MANTUANO, M., et. al. Mejora Del Proceso Continuo Mediante La Aplicación De La Metodología Dmaic En La Línea De Producción Chocolatera De Una Empresa Alimenticia. *Ciencia Y Tecnología*, 21, 14–22.

GALARZA FALFÁN, O. B. *Innovación del proceso de soldadura de piezas de aluminio para aumentar la productividad y eficiencia en CPP Ensenada.*

GONZÁLES ILESCAS, M., FLORES GONZÁLES, M., & GARCÍA CARPIO, T. Dinámica De La Producción Y Comercialización Del Cacao Ecuatoriano. Un Enfoque En La Provincia De El Oro. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (Vol. 3, Issue April).

IBARRA-ALBUJA, C. D., & BERRAZUETA LANAS, G. S. *Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costos.*

MAPS, G. *Localización asociación TSATSAYAKU.* Google Maps.
[https://www.google.com.ec/maps/place/TSATSAYAKU+\(Asociacion\)/@-1.1968054,-78.0162522,10z/data=!4m6!3m5!1s0x91d6ad11f7391527:0x5c2644ed5c8256b8!8m2!3d-](https://www.google.com.ec/maps/place/TSATSAYAKU+(Asociacion)/@-1.1968054,-78.0162522,10z/data=!4m6!3m5!1s0x91d6ad11f7391527:0x5c2644ed5c8256b8!8m2!3d-)

1.130347!4d-77.8264155!16s%2Fg%2F11gjt660kv

MUÑOZ, F. Desarrollo de un sistema de gestión por procesos para empresas de servicios de ingeniería y construcción orientadas a la industria. [Universidad Andina Simón Bolívar]. In 2018. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6231/1/T2662-MBA-Desarrollo.pdf>

PESAPERA PEÑA, J. A. *Mejora en gestión de almacenes para aumentar productividad en montaje de bombas industriales de minera panamá, 2019.*

PICO-PICO, B. F., GARCÍA-BRIONES, A. R., & JAIMEZ, R. E. La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>

PILLA YANZAPANTA, O. E. *Mejora de calidad en los procesos productivos aplicando la metodología seis sigma en la empresa metálicas pillapa* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29573/1/Tesis_t1556id.pdf

SANTANDER, W. *Mejoramiento de los procesos de elaboración de los quesos en la planta de lácteos san antonio de la ciudad de cañar aplicando la metodología six sigma para reducir la variabilidad de los pesos* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/18209/1/85T00736.pdf>

TACO, L. *Informe final tsatsayaku “ bean to bar .”* Informe final tsatsayaku “ bean to bar .” (2018).

TSATSAYAKU. *Productos elaborados en la asociación TSATSAYAKU.* Asociación Tsatsayaku. <https://www.tsatsayaku.com/>

VALVERDE AYLLÓN, M. C. *Determinación del tiempo óptimo de refinado-conchado de chocolate oscuro aplicando el método de variación no significativa en cinética”* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4274>

VIDAL GONZALES, W. J. *Propuesta de mejora de procesos en la producción de bebidas alcohólicas utilizando herramientas del Lean Manufacturing* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/624917>

VILLAMAR, E. *Gestión de procesos y la influencia recíproca con la cultura de innovación en la Consultora Human Resource DAVI - INTALENT* [Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15356/1/T-UCSG-PRE-FIL-CPO-294.pdf>

WUELLINS, D., CAICEDO, M., VERA, D., SOTOMAYOR, I., SAINI, E., & CHÁVEZ, E. F. *Cadena del valor del cacao.*
https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf

ZABALETA MORENO, D. A. *Impacto en resultados en la banca mundial de la aplicación de metodologías de gestión por procesos.* Universidad Autónoma de Madrid.

ANEXOS

ANEXO A: MEDICIÓN DE LA PARTÍCULA DE CHOCOLATE AMARGO MEDIANTE EL MICRÓMETRO



ANEXO B: MANGUERAS DE SUCCIÓN DAÑADAS DE LA DESCASCARILLADORA



ANEXO C: DESMONTAJE DE LAS MANGUERAS DE SUCCIÓN DAÑADAS DE LA MÁQUINA DESCASCARILLADORA



ANEXO D: COLOCACIÓN Y AJUSTE DE ABRAZADERAS A LAS MANGUERAS DE SUCCIÓN



ANEXO E: MANGUERAS DE SUCCIÓN NUEVAS DE LA MÁQUINA DESCASCARILLADORA

