



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN-SIX SIGMA EN LA EMPRESA
AGROMORO CIA LTDA. – IBARRA”**



AUTOR: Franz Dennis Pujota Ushiña

DIRECTOR: Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

Ibarra-Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004518146		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pujota Ushiña Franz Dennis		
DIRECCIÓN:	Argentina y Eloy Alfaro, Barrio El Sigal, Cayambe.		
EMAIL:	fdpujotau@utn.edu.ec / xfranz204@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0981957043

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Propuesta de mejora del proceso de producción basado en la metodología Lean-Six Sigma en la empresa Agromoro Cía. Ltda. – Ibarra.
AUTOR (ES):	PUJOTA USHIÑA FRANZ DENNIS
FECHA:	07/02/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	Ingeniero Industrial
ASESOR/DIRECTOR:	Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, Msc.

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Pujota Ushiña Franz Dennis, con cédula de identidad Nro. 1004518146, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 07 días del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:



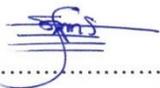
.....
Franz Dennis Pujota Ushiña

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que a asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:



Franz Dennis Pujota Ushiña

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 07 de febrero de 2025

Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

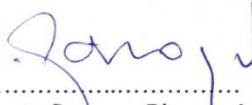
Haber revisado el presente informe final del trabajo de integración curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.


(f):.....
Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.
C.C.: 1003597513

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN-SIX SIGMA EN LA EMPRESA AGROMORO CIA LTDA. – IBARRA” elaborado por Franz Dennis Pujota Ushiña, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:


(f):.....
Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.
C.C.: 1003597513


(f):.....
Ing. Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezán, MSc.
C.C.: 1001128857

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre conmigo en cualquier momento y circunstancia en mi vida, que cada día me motiva a ser una mejor persona aun siendo difícil lograr lo que uno se propone, pero con Dios y disciplina se puede lograr todo lo que uno quiere alcanzar.

A mi mamá y papá por el apoyo, la confianza que depositaron en mí y brindarme los ánimos para continuar con esta travesía que yo mismo decidí. Que a pesar de las adversidades supieron como intervenir y regalarme su tiempo y consejos para continuar con la vida universitaria.

A mis hermanos que tanto amo por el apoyo emocional y económico. Que son mi inspiración, aunque siempre mencionen lo contrario, espero que se sientan orgullosos de que sea el primer profesional que ha pasado por universidad.

A mis sobrinos que no siendo su mejor ejemplo quiero que sepan que si yo pude conseguirlo, ustedes también pueden lograr esto y más. Mathias, Kerly, Sophy sé que ustedes van por buen camino porque sus padres hacen todo por ustedes, tienen la disciplina y voluntad necesaria para trazar sus metas y cumplir con sus más grandes deseos.

Por último, para mis mejores amigos Otti, Miky. Siempre voy a extrañarlos, pasé mucho tiempo con ustedes y de todo corazón se los agradezco mucho por estar para mí, jugar, viajar, comer y disfrutar de la vida. Gracias por todas las experiencias y gracias por haber sido mis más preciadas mascotas. voy a extrañar y tenerte en mi corazón.

Franz Pujota

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, la salud y el trabajo, por poner en mi camino personas maravillosas que hicieron que aprecie de cada mínimo momento. Gracias por mucho, perdón por tan poco.

A Nelson Pujota y Rosa Ushiña, mis queridos padres por haber estado conmigo durante los momentos más difíciles les doy las gracias por nunca rendirse. También a mi hermano Andres y Sebastian que supieron creer en mí, lograron hacer que me sienta orgulloso de ser su hermano ya que ellos siempre fueron y serán la inspiración más grande por saber cuidar de mi desde niño.

A Hilda, mi cuñada, que se ha ganado un lugar en mi corazón por ser amable, atenta y tratarme como si fuera mi hermana.

Agradezco especialmente a todo el personal que conforman la empresa AGROMORO, por haber abierto sus puertas para realizar este trabajo de investigación, por el tiempo brindado y el buen trato hacia mi persona.

A la Universidad donde me formaron para ser un buen profesional, mejoraron mis capacidades de comunicación y trabajo en equipo.

Agradezco a mi tutor y asesor de tesis, Karen Benavides y Ramiro Saraguro que dedicaron su tiempo brindarme asesoría, orientación y ser un guía para la elaboración de mi trabajo de investigación, les deseo lo mejor. Muchas gracias de todo corazón.

A mis amigos por todas las anécdotas durante nuestra instancia dentro y fuera de la universidad.

Franz Pujota

RESUMEN

La implementación de Lean Six Sigma en las organizaciones evidencia un alto compromiso con la calidad y el control de los procesos de producción. Este trabajo de investigación está relacionado con la mejora de los subprocesos a través de la identificación de problemas mediante la aplicación de herramientas de la calidad. La finalidad de la investigación fue diseñar una propuesta de mejora del proceso de manufactura a través de la metodología DMAIC para reducir defectos en el área de producción de café y controlar la calidad del producto final. Tras la aplicación de encuestas, observaciones, reuniones y el análisis de cumplimiento de la norma INEN 1123, se identificaron tres variables de estudio (peso de las unidades, granulometría y unidades defectuosas por envase) que generan pérdidas económicas y reflejan un bajo control de calidad. Por ello, se seleccionó el producto más representativo, “Café Moro de 200 g”, utilizando un diagrama de Pareto. El estudio comenzó con un muestreo sistemático del peso de 324 unidades envasadas, un análisis granulométrico con una muestra de 10 kg y una muestra de 2000 unidades para determinar el porcentaje de productos defectuosos. Se realizó un análisis de capacidad, obteniendo un Cp de 0.49, lo que indica alta variabilidad, y un Cpk de 0.48, lo que muestra un desvío respecto a las especificaciones establecidas. En cuanto a la granulometría, el 47.35 % del café presentó partículas por encima de 900 μm , fuera de los rangos de aceptación establecidos por la norma, y se detectó un 11.67 % de unidades defectuosas en el subproceso de envasado, superando el 5 % aceptado por la empresa. Tras la implementación de mejoras rápidas, se logró un aumento del Cp a 0.64 y del Cpk a 0.56 en la capacidad del proceso para el peso. Además, el porcentaje de partículas de café fuera de especificaciones disminuyó al 39.98 %, y el porcentaje de envases defectuosos se redujo al 2.11 %.

Palabras clave: CTQ's, capacidad del proceso, PPM, DPMO, Defectos, granulometría, Lean Manufacturing, Six Sigma, variabilidad.

ABSTRACT

The implementation of Lean Six Sigma in organizations demonstrates a strong commitment to quality and production process control. This research is related to the improvement of subprocesses through problem identification using quality tools. The objective of the study was to design a manufacturing process improvement proposal using the DMAIC methodology to reduce defects in the coffee production area and control the quality of the final product. Through surveys, observations, meetings, and compliance analysis of the INEN 1123 standard, three study variables were identified (unit weight, granulometry, and defective units per package), which generate economic losses and reflect a low level of quality control. Therefore, the most representative product, “Café Moro 200 g,” was selected using a Pareto diagram. The study began with a systematic sampling of the weight of 324 packaged units, a granulometric analysis with a 10 kg sample, and a 2000-unit sample to determine the percentage of defective products. A capability analysis was conducted, yielding a Cp of 0.49, indicating high variability, and a Cpk of 0.48, showing a deviation from the established specifications. Regarding granulometry, 47.35% of the coffee had particle sizes above 900 μm , exceeding the acceptance ranges established by the standard, and 11.67% of defective units were detected in the packaging subprocess, surpassing the 5% limit accepted by the company. After implementing quick improvements, the Cp increased to 0.64, and the Cpk improved to 0.56 in process capability for weight. Additionally, the percentage of coffee particles outside specifications decreased to 39.98%, and the percentage of defective packages was reduced to 2.11%

Keywords: CTQ’s, process capability, PPM, DPMO, defects, granulometry, Lean Manufacturing, Six Sigma, variability.

LISTA DE SIGLAS

Cp: Índice de capacidad del proceso

Cpk: Índice de capacidad centrada del proceso

PPM: Partes por millón

DPMO: Defectos por millón de oportunidades

CTQ's: Características críticas para la calidad

DMAIC: Metodología de mejora de Six Sigma en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

PIB: Producto interno bruto

SPC: Statistical Process Control (Control Estadístico de Procesos)

VOC: Voz del cliente

TPM: Total Productive Maintenance (Mantenimiento productivo total)

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	18
A.	Tema	18
B.	Problema	18
C.	Objetivos	19
1)	Objetivo general	19
2)	Objetivos específicos	19
D.	Alcance	20
E.	Justificación	20
II.	MARCO TEÓRICO.....	21
A.	Antecedentes	21
B.	Fundamentación Teórica.....	22
1)	Lean manufacturing:	22
2)	Principios de Lean Manufacturing.....	22
3)	Six Sigma	23
4)	Antecedentes Six Sigma	24
5)	Implementación Six Sigma	25
6)	Control Estadístico de Procesos.....	27
7)	Herramientas de la Calidad.....	27
8)	Metodología DMAIC.....	31
9)	Herramientas Lean y Six Sigma para el uso en las fases DMAIC.....	33
10)	MARCO LEGAL.....	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
A.	Metodología de la Investigación.....	38
1)	Tipos de investigación	38

2) Técnicas de investigación	39
3) Instrumentos de investigación:	39
4) Antecedentes de la empresa	41
5) Caracterización de la empresa	43
6) Productos.....	47
7) Producto estrella.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
A. Propuesta y Resultados	49
1) FASE DEFINIR	49
2) FASE MEDIR.....	63
3) FASE ANALIZAR	70
4) FASE MEJORAR	78
5) FASE CONTROLAR	96
B. Discusión.....	104
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SIGMAS DE UN PROCESO	26
TABLA II FASES METODOLOGÍA DMAIC SEGÚN AUTORES	31
TABLA III HERRAMIENTAS LEAN Y SIX SIGMA EN LA ESTRUCTURA DMAIC	40
TABLA IV INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LABORATORIO	41
TABLA V INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	43
TABLA VI NÚMERO DE TRABAJADORES	44
TABLA VII PRODUCTOS	47
TABLA VIII FICHA DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS	55
TABLA IX ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN	57
TABLA X PÉRDIDA POR UNIDADES DE CAFÉ DESPERDICIADAS	58
TABLA XI PÉRDIDA POR UNIDADES DE ENVASES DESPERDICIADOS	58
TABLA XII MUESTRA DE PRUEBA DE GRANULOMETRÍA	59
TABLA XIII PRUEBA DE HUMEDAD	60
TABLA XIV PRUEBA DE SÓLIDOS SOLUBLES	60
TABLA XV PRUEBA DE CENIZAS TOTALES	60
TABLA XVI PRUEBA DE MOHOS Y LEVADURAS	60
TABLA XVII FICHA NORMATIVA	61
TABLA XVIII CARTA DE DEFINICIÓN	62
TABLA XIX RECOLECCIÓN DE DATOS – GRANULOMETRÍA	68
TABLA XX TOLERANCIAS Y OBJETIVOS DE LAS CTQ's	71
TABLA XXI ADAPTACIÓN MÁQUINA	79
TABLA XXII REGISTRO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN	82
TABLA XXIII LISTA DE ESPECIFICACIONES Y CUMPLIMIENTO	83
TABLA XXIV COLORÍMETRO	84
TABLA XXV BANDA RECUBRIDORA DE TOLVA DE CAFÉ	86
TABLA XXVI TAMICES Y TAMIZADORA ELÉCTRICA PARA MEDICIÓN	87
TABLA XXVII MAQUINARIA DE AGROMORO	91
TABLA XXVIII DIAGNÓSTICO DE LAS MÁQUINAS	92
TABLA XXIX TIPOS DE MANTENIMIENTO	93

TABLA XXX ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	94
TABLA XXXI ACTIVIDADES MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	95
TABLA XXXII CAPACIDAD DEL PROCESO ANTES VS DESPUÉS – PESO DE CAFÉ	98
TABLA XXXIII CURVA GRANULOMÉTRICA ANTES VS DESPUÉS.....	99
TABLA XXXIV CAPACIDAD DEL PROCESO ANTES VS DEPUÉS - ENVASE....	99
TABLA XXXV RESUMEN DE CAMBIOS	100
TABLA XXXVI ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN – TRAS MEJORAS	100
TABLA XXXVII PÉRDIDA POR UNIDADES DE CAFÉ DESPERDICIADAS	101
TABLA XXXVIII PÉRDIDA POR UNIDADES DE ENVASES DESPERDICIADOS	101
TABLA XXXIX INVERSIÓN DE LAS MEJORAS.....	102
TABLA XL INVERSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN TPM.....	102
TABLA XLI AHORRO POR REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Línea de tiempo Six Sigma.....	24
Fig. 2. Representación gráfica Six Sigma.....	26
Fig. 3. Gráfico de control estadístico	27
Fig. 4. Representación del Diagrama de Pareto.....	28
Fig. 5. Representación de diagrama de causa-efecto	29
Fig. 6. Representación de un histograma	29
Fig. 7. Definición herramienta SIPOC.....	30
Fig. 8. Simbología del Diagrama de Flujo.....	34
Fig. 9. Carta de control – Herramienta estadística.....	36
Fig. 10. Tipo de gráfica según el tipo de dato.....	37
Fig. 11. Ubicación geográfica.....	43
Fig. 12. Organigrama Estructural - AGROMORO.....	44
Fig. 13 Mapa de macroprocesos	45
Fig. 14 Distribución de la planta de producción de café.....	46
Fig. 15. Ventas durante el año 2022	48
Fig. 16. Diagrama SIPOC	50
Fig. 17. Árbol de CTQ's	51
Fig. 18. VOC – Pregunta 1.....	52
Fig. 19. VOC – Pregunta 2.....	52
Fig. 20. VOC – Pregunta 3.....	53
Fig. 21. VOC – Pregunta 4.....	53
Fig. 22. VOC – Pregunta 5.....	54
Fig. 23. Brainstorming	55
Fig. 24. Diagrama de Pareto de problemas evaluados	56
Fig. 25. Rendimiento del proceso	58
Fig. 26 Diagrama OTIDA – Proceso de producción.....	63
Fig. 27. Informe del sistema de medición R&R	64
Fig. 28. Estudio de componentes de varianza.....	65
Fig. 29. Estabilidad del proceso de peso de unidades.....	67
Fig. 30. Distancia entre el control del elevador y el área de envasado	67

Fig. 31. Media de retención de café.....	69
Fig. 32. Estabilidad del proceso - Peso de café.....	70
Fig. 33. Prueba de normalidad de Anderson Darling – Peso de unidades	72
Fig. 34. Capacidad del proceso - Peso de café.....	72
Fig. 35. Diagrama de Ishikawa – Variabilidad del peso	73
Fig. 36. Granulometría de café retenido	75
Fig. 37. 5 porqués – granulometría	76
Fig. 38. Capacidad del proceso - Envase	76
Fig. 39. Diagrama de Ishikawa – Envasado.....	77
Fig. 40. Tablero - Andon con etiquetas.....	80
Fig. 41. Control de materia prima - Kardex.....	81
Fig. 42. Café tostado	84
Fig. 43. Etiquetas de mantenimiento y calibración.....	85
Fig. 44. Estabilidad del proceso - Peso de unidades tras mejoras.....	96
Fig. 45. Estabilidad de la granulometría - Tras mejoras	97
Fig. 46. Estabilidad del proceso - Envase tras mejoras.....	97
Fig. 47. Rendimiento del proceso - Tras mejoras	101

I. INTRODUCCIÓN

A. *Tema*

“PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN-SIX SIGMA EN LA EMPRESA AGROMORO CIA LTDA. - IBARRA”

B. *Problema*

Para [1], el entorno competitivo global se torna cada vez más desafiante para las empresas. Según un estudio de Deloitte y Touche en 1998, que buscaba identificar estrategias efectivas para la competencia en el siglo XXI, se destacaron tres factores transformadores: avances tecnológicos, competencia a nivel mundial y crecientes expectativas de los clientes. Estos elementos motivaron a las organizaciones a adoptar enfoques orientados a optimizar recursos, mejorar la fabricación de bienes y servicios, y proporcionar respuestas rápidas a fin de ofrecer una mejor atención hacia los clientes. (p. 22).

El sector manufacturero enfrenta problemas relacionados a la globalización, desarrollo tecnológico, la salida de nuevos productos y servicios a lo largo del tiempo [2].

Con la finalidad de determinar dicha problemática Ecuador abordó a través de un estudio financiero de 118 años en el que se calcula las probabilidades de cierre de las empresas. Dando como resultado que un 37.74 % de las organizaciones continúan operando, mientras que el 89,07 % de empresas corresponden a aquellas que cerraron, mismas que se identificaron como micro y pequeñas empresas [3].

En otras palabras, la capacidad de mantenerse en a flote por parte de medianas y pequeñas empresas en el país fueron las más bajas, como consecuencia el deficiente nivel de competitividad frente a las empresas de mayor repercusión provocando el cierre de estas al no poder cumplir con las cantidades de pedidos con el fin de cumplir con las demandas de sus consumidores.

De acuerdo con la información proporcionada por el Banco Central del Ecuador sobre el valor agregado bruto, en 2020 la industria manufacturera ocupó la primera posición en cuanto al porcentaje VAB con un 15% del total nacional correspondiente [4].

En la provincia de Imbabura el sector de manufactura es uno de los sectores que mayor relevancia tiene, aportando significativamente al PIB del país. Teniendo a la Cabecera cantonal con el mayor aporte siendo responsable del 79,3% [5]. No obstante, la provincia de Imbabura

presenta problemas en la cadena de valor del café en varios de sus eslabones. Dentro de la producción destaca la baja productividad y la calidad del café [6].

La Empresa AGROMORO CIA LTDA, es una de las microempresas más influyentes de la provincia de Imbabura, cuenta con alrededor de 50 años de servicio, donde su principal actividad consiste en la fabricación y comercialización de café.

Durante el tiempo de servicio esta logró obtener una gran aceptación dentro del mercado, sin embargo, se puede evidenciar algunas causas que impiden el desarrollo de la empresa como tal, ya sea por el uso de maquinaria sin calibración que genera unidades defectuosas, la falta de conocimientos de control, falta de organización, y el reprocesamiento del producto terminado por ende tiempos de espera en la ejecución de actividades consecutivas. En consecuencia, los resultados que se obtienen no son los más satisfactorios para la empresa, incluso al no contar con herramientas adecuadas para asegurar un producto de calidad provoca un alto índice de desorganización.

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad la investigación partirá con un análisis de la situación actual en el departamento de producción de café, basándose en la toma de datos reales para determinar acciones correctivas orientadas de la mejora del proceso de producción, minimizando defectos así pues garantizar la calidad de sus productos y satisfacer las necesidades del consumidor, haciendo uso de la metodología DMAIC.

C. Objetivos

1) Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora en el proceso de producción de café basado en la metodología Lean-Six Sigma en la empresa AGROMORO CIA LTDA, para la reducción de defectos, control de la producción y el aseguramiento de la calidad en sus productos.

2) Objetivos específicos

- Analizar las fuentes teóricas con relación al tema de investigación y establecer las bases fundamentales para el desarrollo.
- Realizar el análisis situacional de la empresa a través de una investigación de campo que permita la identificación de los defectos que ocasionan baja productividad en el área de producción del café.

- Desarrollar la metodología Lean-Six Sigma mediante la estructura DMAIC para proponer acciones correctivas en el proceso de producción.

D. Alcance

El proyecto se enfocará en la mejora de la producción y el control de calidad en el área de producción de café con la ayuda de herramientas que pertenecen a la metodología Lean Six Sigma. Por esta razón se desarrollará una propuesta en base a la implementación de la metodología DMAIC, para llevar a cabo las fases de definición, medición, análisis, control y mejora. A fin de lograr una producción con la menor cantidad de defectos, y controlar la producción en relación con los estándares de calidad de los bienes fabricados por la organización.

E. Justificación

La empresa AGROMORO siendo una de varias dedicadas a la manufactura de bienes no ha estado involucrada en aspectos de productividad y calidad teniendo un bajo nivel de rendimiento al momento de ejecutar sus actividades. Tomando en cuenta a la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad [7], menciona que se tiene como propósito promover la calidad, de igual manera demostrar la conformidad de los estándares establecidos a nivel nacional e internacional a fin de asegurar el cumplimiento de objetivos establecidos en la protección del consumidor contra prácticas engañosas, pero a su vez promover la productividad, el desarrollo y la competitividad.

Es decir, garantizar que los productos fabricados cumplan con los parámetros de calidad establecidas por normas nacionales e internacionales además de impulsar la competitividad y asegurar la mejora continua dentro de las empresas.

Por ello la importancia que tiene el trabajo de investigación es aportar dentro de la empresa cambios y mejoras capaces de controlar la producción para conseguir un producto de calidad con menor cantidad de desperdicios. De esta manera optimizar los recursos necesarios que son utilizados para el proceso de manufactura enfocados en el cumplimiento las expectativas de los consumidores.

Por esta razón, se propone el uso de Six sigma y sus herramientas para detectar los factores que alteran el rendimiento del proceso de manufactura. Esto con la intención de realizar cambios importantes en la organización, transformándola en una de las mejores en la fabricación y comercialización de café en el norte del país.

II. MARCO TEÓRICO

A. *Antecedentes*

[8], En su trabajo de titulación bajo el nombre “Propuesta de mejora para el proceso de empacado de té en la compañía ecuatoriana del té “CETCA” aplicando la metodología Six sigma”, concluyen:

- Es un recurso valioso para la estandarización de procesos a través del uso de diagramas SIPOC.
- El proyecto se basa en herramientas y métodos estadísticos con la meta de reconocer las posibles causas que generan la variabilidad del producto y que afectaban al producto final.

[9], En su tesis para la mejora de la línea de envasado mediante la implementación de Lean Six Sigma para mejorar la calidad y el peso del producto, menciona que:

- La fase de definición permite reconocer el problema clave en la zona de producción usando una matriz de confrontación considerando las causas que provocan frecuencia, pérdidas y cuán fácil es la implementación por cada problema encontrado.
- Mediante la implementación de mejoras en Six Sigma, es posible minimizar los errores durante el proceso de producción, lo que constituye un respaldo fundamental para alcanzar los niveles de eficiencia operativa establecidos durante la etapa de envasado de aguaymanto.

Así mismo, los autores [10], en su tesis, concluyen que:

- Para identificar posibles variables críticas que facilitan la variabilidad en los pesos finales del producto, se opta por recopilar datos en la fase que sigue al proceso de horneado. Se busca evaluar el rendimiento y la variabilidad del proceso mediante el cálculo de la capacidad de este, así como la creación de gráficos de control.
- Se identificaron como variables principales que inciden en la variabilidad del peso final del producto terminado el calibre y el peso de la galleta. El análisis fue aplicado por medio de la búsqueda de los CTQ's que son aspectos esenciales para la calidad del producto.

En este punto, se puede decir que la implementación de la Lean Six Sigma hace uso de métodos y herramientas principalmente estadísticas con miras a la determinación de problemas que comprometen el rendimiento en los procesos productivos. A su vez, la implementación de Seis Sigma posibilita la reducción los errores y permiten el control de los subprocesos con la intención de aumentar la productividad reduciendo los desperdicios generados durante el desarrollo de las actividades.

B. Fundamentación Teórica

1) Lean manufacturing:

Lean manufacturing comúnmente denominado como filosofía esbelta, está enfocada en la mejora continua y la optimización del sistema de producción de bienes o servicios mediante la ejecución de su objetivo, siendo esta la de atenuar los desperdicios de cualquier tipo, como inventarios, tiempos, productos defectuosos, transporte, reprocesos relacionados con equipos-maquinaria y obreros. [11]

La filosofía principal en la que se fundamenta Lean Manufacturing recae en la premisa de **«todo puede hacerse mejor»**; de forma que en una empresa u organización debe existir la búsqueda de oportunidades de mejora, así como la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor no obstante implican un costo y esfuerzo. [12]

Socconini L [13]. Describe como un proceso constante y organizado de identificación y erradicación del desperdicios, entendiendo por exceso cualquier actividad que no aporta valor en un proceso, pero que sí genera costos y esfuerzos. La eliminación se realiza de manera estructurada mediante equipos de trabajo bien organizados y capacitados.

Hay distintas maneras de definir su significado, pero todas van encaminadas hacia el mismo objetivo, es decir, ser parte de la mejora continua enfocándose en la eliminación de desperdicios y el uso efectivo de recursos en las fases de producción, tareas u otros que impliquen un gasto innecesario que no aporta valor al producto final. [13]

2) Principios de Lean Manufacturing

Hay varios tipos de principios en los que está basada esta filosofía, puesto que conlleva a la eficacia dentro de los procesos, a su vez eliminar todo aquello que no implica un valor agregado

al producto, la obtención de mejores resultados aprovechando correctamente los recursos que permitan asegurar la calidad y reducir costos [14].

Los cinco principios de la filosofía Lean son: [15]

- Especificar el valor: Es el valor del productor basado en las especificaciones del cliente, es decir, cuáles son las demandas que los clientes tienen sobre un producto.
- Análisis de la cadena de valor: Analizar, distinguir entre actividades que generan valor y las que no. Por lo tanto, es el punto de inicio en la eliminación de desperdicios y el mejoramiento de las actividades.
- Flujo Continuo: Asegurar que la fluidez de los procesos, estén presentes a partir de la recepción de pedidos hasta la entrega del producto.
- Sistemas pull: Es un sistema de producción que se enfoca en entregar a los clientes los productos que necesitan.
- Mejoramiento continuo: Mantener la disciplina del mejoramiento para convertirla en una herramienta permanente que permita el avance para la organización. (p. 94)

3) *Six Sigma*

Escobedo menciona que Six Sigma se trata de una filosofía de trabajo y estrategia de negocios relacionada directamente con el cliente que a través del manejo eficiente de datos y las metodologías en diseños robustos permiten reducir la variabilidad en los procesos y lograr un nivel menor o igual a 3.4 defectos por millón de oportunidades. [16]

Como resultado obtener efectos positivos dentro de las organizaciones tales como la alta satisfacción del cliente, reducción de tiempos de ciclo y costos.

Estos son algunos de los beneficios de aplicar Six Sigma: [13]

- Controlar la calidad en los puestos de trabajo.
- Crea un equipo de trabajo con personas capaces de mejorar la calidad.
- Define una filosofía de trabajo y plantea una estrategia de negocio.
- Mejora notablemente la calidad de productos y servicios.
- Asegura la continuidad de la empresa e incrementa su rentabilidad.

- Comprende las necesidades del cliente. (p. 227)

Considerando cuales son las ventajas de la ejecución de Six sigma, se establece el uso de la metodología DMAIC que se divide en fases.

1. Definir; define el proyecto.
2. Medir; medición de la estabilidad del proyecto.
3. Analizar; análisis de capacidad y se convierten en información.
4. Mejorar: se lleva a cabo acciones de cambio y mejora.
5. Controlar; verificación de la duración de las mejoras.

Dentro de cada una de las fases se ejecutan herramientas como: Diagrama de Pareto, Flujogramas, SIPOC, cartas de control, entre otros, mismos que permiten la mejora de los procesos a través del manejo de información de forma cualitativa y cuantitativa, con el objetivo de tomar acciones correspondientes y asegurar la calidad dentro de las organizaciones.

4) Antecedentes Six Sigma

a) Origen Six sigma.

Seis Sigma es una filosofía que surge en los 80's, a manos del ingeniero Mikel Harry. El objetivo principal fue la evaluación y análisis de la variación en los procesos de Motorola. Siendo la primera organización que implantaría esta metodología con intención de mejorar la calidad. [17]

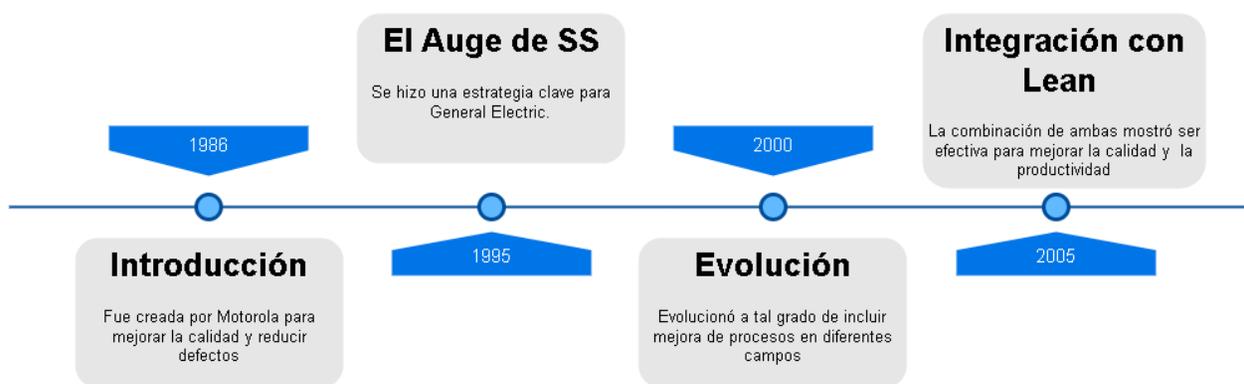


Fig. 1. Línea de tiempo Six Sigma

Nota: fuente <https://lineadetiempo.net> Es una página web que detalla información y su cronología.

Con la globalización, las organizaciones con relación al sector industrial y mercantil adoptaron la implementación de técnicas que permitan optimizar sus procesos a miras de mejorar de su competitividad y productividad. Ya que esta filosofía no solo se está enfocada en la calidad, sino que también permite la mejora continua. (p.75)

b) *Principios Six Sigma.*

Existen seis principios básicos de Six Sigma [18]:

- **Mejora enfocada en el cliente:** Se toma en cuenta la perspectiva de los consumidores para mejoría del proceso interno.
- **Flujo de valor:** Son todas las tareas que se ejecutan en los procesos, los cuales agregan valor al producto final y que los clientes son capaces de percibir.
- **Mejora continua:** La búsqueda de cómo mejorar los procesos constantemente.
- **Reducción de la variabilidad:** Eliminar la variabilidad para entregar productos consistentes.
- **Eliminar desperdicios:** Consiste en suprimir los desperdicios que no aportan valor a los procesos internos. Taichi Ohno define siete desperdicios que afectan a los resultados de los procesos.
- **Controlar el proceso:** Controlar las mejoras implementadas para asegurar el funcionamiento de estas con el tiempo, incluso para el mejoramiento continuo de estos.

5) *Implementación Six Sigma*

El símbolo sigma es usado en la estadística para calcular la desviación estándar de la muestra:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum i = 1(x_1 - x_2)^2}{(n - 1)}}$$

Donde;

- σ : desviación estándar de una muestra

- Xi: datos de una muestra
- X: promedio de una muestra
- n: tamaño de una muestra

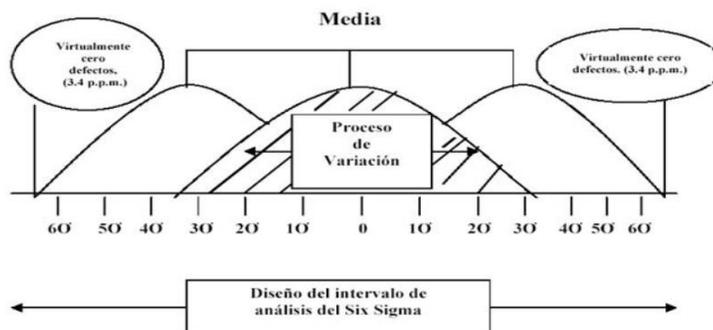


Fig. 2. Representación gráfica Six Sigma

Nota: Recuperado de [17]

El propósito de esta metodología es reducir la cantidad de defectos por cada millón de oportunidades [19].

TABLA I
RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SIGMAS DE UN PROCESO

Nivel de sigmas	Rendimiento del proceso	Ppm
1 sigma	30,90%	690000
2 sigma	69,20%	308000
3 sigma	93,30%	66800
4 sigma	99,40%	6210
5 sigma	99,98%	320
6 sigma	99,9997%	3.4

Nota: La tabla fue una adaptación del libro "CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA".

6) *Control Estadístico de Procesos*

El SPC se refiere al uso de técnicas estadísticas para supervisar la calidad y descubrir incoherencias en el proceso de fabricación, es decir, establecer si el resultado del proceso se alinea con el diseño de un producto. [20].

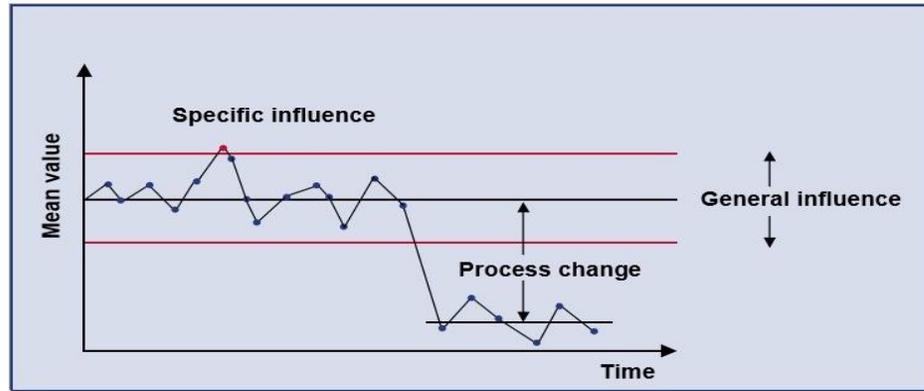


Fig. 3. Gráfico de control estadístico

Nota: fuente <https://www.it-telesis.com> Sitio web que combina las habilidades humanas y tecnológicas.

7) *Herramientas de la Calidad*

El uso de estas herramientas en las organizaciones tiene diversos objetivos, entre ellos se pueden mencionar algunos: [21]

- Determinación de problemas
- Identificación de causas de un problema
- Identificación de posibles técnicas para solventar la problemática
- Selección de la mejor solución factible.
- Planificación de la solución escogida
- Implantación
- Verificación de la eficacia de la solución. (p. 8)

Las herramientas de Six Sigma se relacionan con las herramientas básicas de la calidad, enfocándose en la mejora de la calidad y la disminución de defectos dentro de los procesos empresariales.

a) *Diagrama de Pareto*

Es una herramienta que facilita la identificación del origen de un problema enfocada a determinar su causa con mayor relevancia. La idea principal de construir este diagrama es aislar algunos defectos, problemas o errores críticos para que pueda concentrar sus esfuerzos en mejorarlos. [22]

Reconocido también como principio del 80/20, destaca la presencia de pocos problemas que tienen un impacto mayor frente a muchos problemas que pueden ser observados, es decir, que el 20% de los problemas identificados corresponden al 80% de las consecuencias. [23]

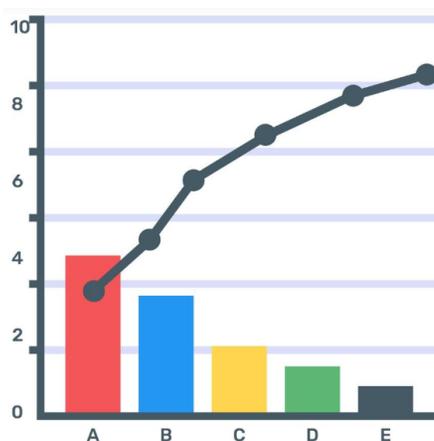


Fig. 4. Representación del Diagrama de Pareto

Nota: fuente <https://cmmshere.com> Sitio web que brinda información sobre herramientas de ingeniería.

b) *Diagrama de causa-efecto*

Famoso como el diagrama con forma de Espina de pescado o Ishikawa, es una herramienta para realizar análisis de causa-raíz de manera exhaustiva. Este instrumento ayuda a identificar los factores que potencian la generación de problemas en los procesos, en su mayoría consta de 6M que son; mano de obra, método, máquina, material, medio ambiente y medición. [24]

La aplicación de esta herramienta permite mitigar los problemas identificados mediante acciones correctivas que deben ser implementadas dentro de los procesos con el propósito de minimizar tiempos, costos y mano obra.

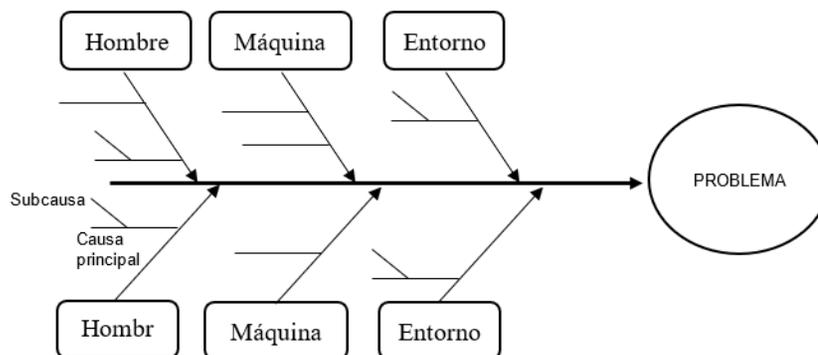


Fig. 5. Representación de diagrama de causa-efecto

Nota: Adaptado de [25]

c) **HISTOGRAMA**

Esta herramienta permite la fácil representación de una distribución a través de gráfico de barras, brinda un vistazo del comportamiento de las variables en la que facilita el análisis de aspectos como la dispersión, distribución, tendencia y aleatoriedad. [26]

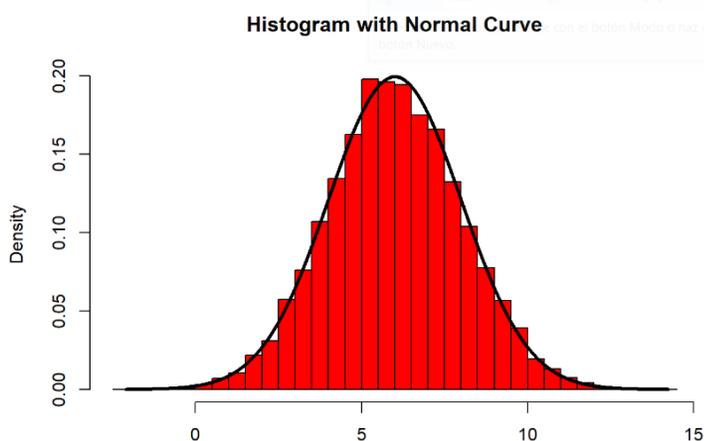


Fig. 6. Representación de un histograma

Nota: fuente <https://rpubs.com> Esta web sube información sobre estadísticas

d) **SIPOC**

Es una herramienta que brinda una visión más detallada sobre un proceso productivo teniendo en cuenta los que son parte de esta. Su nombre proviene de sus siglas traducidas al español

Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas), Customers (clientes), siendo las partes que componen el proceso de producción. [27]

La definición de SIPOC significa: [28]

- Proveedor: Individuos o sistemas que proporcionan los insumos necesarios para el proceso.
- Entrada: Recursos, materiales información o datos que necesita el proceso para su desarrollo.
- Proceso: Secuencia de pasos que transforman los materiales en resultados finales.
- Salida: Son los resultados del proceso, siendo productos, servicios o información que termina por recibir el cliente.
- Cliente: Destinatarios de la salida del proceso. (p. 1)

Este diagrama resulta útil al momento de identificar las necesidades para la ejecución del proceso y tener una visión clara de qué es lo que el cliente necesita, teniendo en cuenta cuales son las actividades que aportan valor y son percibidas por el cliente o empresa.

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que necesita el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué es lo que hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?

Fig. 7. Definición herramienta SIPOC

Nota: Adaptado de: [29]

e) *5 porqués*

Mejorar los procesos de una empresa es esencial para garantizar la competitividad en el mercado, siendo una herramienta manejada para la mejora continua dentro de la metodología Six

Sigma debido a que es muy útil para solucionar situaciones o problemas a través del uso de interrogantes en cadena.

La cuestión es que estas cuestiones se pueden aclarar. Por ejemplo, si algún equipo de su empresa se estropea, la primera pregunta para saber qué pasó sería: "¿Por qué se dañó este equipo?"; dependiendo de la respuesta, el segundo "por qué" podría ser: "¿por qué trabajaste demasiado?"; entonces puede surgir la pregunta: "¿por qué no se sirve?" y así sucesivamente hasta llegar a una posible solución. [30]

Los pasos para tener en cuenta para llevar a cabo con esta metodología es la siguiente:

1. Definir la situación actual
2. Definir el por qué está pasando
3. Determinar las razones-causa raíz de la situación
4. Continuar con el planteamiento de las preguntas
5. Proponer soluciones adecuadas

8) Metodología DMAIC

Es una herramienta de Six Sigma que posibilita la elaboración de soluciones a procesos de manera organizada, lógica y fácil de entender. [31]

TABLA II
FASES METODOLOGÍA DMAIC SEGÚN AUTORES

Fase	Según los autores Uribe & Socconini [16]	Así lo afirma Aguirre [32]	La metodología según Lefcovich [33]	Análisis
Definir	Se identifican los posibles proyectos, alineados con las estratégicas de la organización.	Identificar problemas, riesgos y obstáculos	Necesidad de tener una clara noción de los defectos.	Cada uno de los autores están enfocados en el mismo objetivo, dejando en claro que es lo que se quiere alcanzar dentro de esta fase.
Medir	Según el autor, consiste en la descripción detallada del proceso.	Propone cuantificar el problema y la productividad actual por medio	Toma de datos y cuantificar el problema u oportunidad.	Esta fase determina las causas por las cuales se empieza a realizar un análisis profundo de los procesos.

		de indicadores y métricas.		
Analizar	Pretende hacer uso de datos actuales e históricos.	Indagar las causas del problema mediante recolección de datos.	Permite identificar la causa raíz, usando diferentes herramientas de gestión de calidad.	En esta fase se adquiere una gran cantidad de conocimiento de dónde hay que enfocarse y elaborar propuestas y estrategias de mejoras.
Mejorar	Determinar la relación causa-efecto.	Definir e implantar soluciones que sean capaces de eliminar los problemas.	Esta fase está ligada con el diseño e implementación de soluciones.	Es evidente de que dentro de esta fase se deben implementar las estrategias con el objetivo de cambiar todo tipo de elemento que impide el correcto desempeño dentro de los procesos productivos.
Controlar	Diseñar y hacer seguimiento de los controles para asegurar las mejoras.	Observar, medir los KPI y analizar el proceso con sus implementaciones.	Propone confirmar los resultados de las mejoras realizadas.	Concluyendo que no hay que descuidar las mejoras que fueron implantadas en los procesos, más bien se requiere seguimiento para verificar el cumplimiento de las mejoras en el tiempo.

Fase Definir

En la primera fase se identifican aquellos requisitos del cliente que son esenciales en la percepción de la calidad o **CTQ**. Es importante comprender cuales son los procesos críticos que intervienen en el proyecto. Además, se debe establecer el alcance del proyecto, lo que implica definir los límites del proceso que se pretende cambiar. [34]

Fase Medir

Dentro de esta fase es necesario la identificación de los procesos internos que tienen repercusión en las **CTQ's** que están establecidas por los clientes, y medir el cumplimiento. Para ello las variables a ser medidas son las que juegan un papel importante en la organización como: las características del producto, tiempo de ciclo, materiales, entre otros. [35]

Fase Analizar

La fase de analizar hace énfasis en la evaluación del proceso actual para la búsqueda de soluciones, para ello es necesario la utilización de diferentes herramientas de análisis estadísticos. [36]

Fase Mejorar

En esta etapa se busca verificar las variables críticas y medir el impacto que tendrán en las características críticas de calidad **CTQ**, de tal manera establecer límites de variación aceptable para las variables. Asimismo, se verifica que los sistemas de medición detecten y sean capaces de medir la variación, y se realiza cualquier ajuste necesario para confirmar que el proceso continúe dentro de los límites aceptables. [35]

Fase Controlar

Etapa final de DMAIC tiene la intención de mantener las mejoras logradas para asegurar que las variables permanezcan dentro del rango de especificación en el proceso de modificación. Para lograr esto, se diseña un sistema que controle las causas de defectos vitales de manera permanente y generalizada en el proyecto. [37]

9) *Herramientas Lean y Six Sigma para el uso en las fases DMAIC*

a) *Herramientas Lean*

Diagrama de flujo

Este tipo de diagrama se basa en representar de forma gráfica una secuencia en la que cada paso del proceso está representado por su gráfico respectivo y una rápida descripción, estos gráficos se encuentran unidos mediante flechas, lo que indican la secuencia en la que se deben realizar las operaciones. [38]

Símbolo		Función
Líneas de flujo		Conectan los pasos, etapas, decisiones y otros elementos que intervienen en los diagramas
Decisión		Se usan para indicar las elecciones y decisiones realizadas.
Datos		Ofrecen información nueva, de interés o de gran valor para el desarrollo del proceso representado.
Actividad		Indican las acciones que se transforman en datos que dan continuidad al proceso.
Inicio / final		Se utiliza cada vez que se indica el problema/solución en el diagrama de flujo marcando el inicio y cierre de mismo.

Fig. 8. Simbología del Diagrama de Flujo

Nota: fuente <https://edu.gcfglobal.org/es> Es una organización que brinda información sobre herramientas de ingeniería.

Kaizen

Es una filosofía que se fundamenta en la ejecución de mejoras continuas graduales, basadas en la confianza del equipo, una cultura de aprendizaje progresivo y constante con el objetivo de poner la calidad como prioridad para la satisfacción de sus clientes. [39]

Andon

Esta herramienta hace uso de un sistema visual de señales luminosas plasmadas en un tablero de control, con el propósito de brindar información en simultáneo a las condiciones de trabajo. Abarcan diferentes tipos de colores de acuerdo con la situación y estado de la producción. [40]

Mantenimiento Productivo Total – TPM

Es una metodología que mejora increíblemente los resultados de las empresas que acarrean a la creación de lugares seguros y productivos, lo que permite incrementar la relación entre las personas y los equipos que se emplean en las industrias. [41]

Beneficios de implementar TPM:

- Aumento de la productividad, minimizando el número de paros por averías y la calibración de los equipos de trabajo.

- Descenso del índice de defectos
- Reduce los costos de producción
- Menos riesgos a sufrir accidentes
- Disminuye los reclamos por parte de los clientes

b) *Herramientas Six Sigma*

Project charter

También conocido como acta de constitución en la que se representan los objetivos, alcance y los responsables del proyecto con el propósito de acceder a la aprobación a favor de las partes interesadas (Stakeholder) que son claves para el inicio del proyecto. [42]

La información presente dentro del Project charter al menos debe tener: [43]

- Descripción del proyecto
- Responsables del proyecto
- Organización del proyecto
- CTQ's
- Línea base

VOC

La voz del cliente significa reunir información que el cliente tiene sobre un bien material y/o servicio, permite determinar en qué medida satisface sus necesidades reflejando las verdaderas necesidades del cliente. [44]

- La voz del cliente y la clave para la calidad

CTQ es la característica de un producto que cumple con los requerimientos claves solicitados por el cliente. Al identificar y comprender las CTQ, las organizaciones pueden enfocarse en mejorar y controlar específicamente aquellas características que son más importantes para sus clientes. [45]

Cartas de control

Las cartas de control son instrumentos que tienen la finalidad de tener bajo control estadístico un proceso, identificando cuándo está fuera de control a través del tiempo, permitiendo la distinción entre variables por causas comunes y especiales, facilitando a tomar decisiones que deriven en acciones de control y de mejoras. [46]

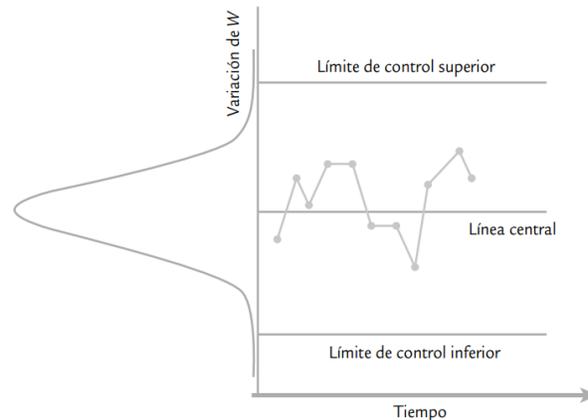


Fig. 9. Carta de control – Herramienta estadística

Nota: Adaptado de: [46]

Las cartas de control se utilizan para detectar si los datos están ubicados al centro de los límites específicos a fin de corregir problemas dentro de un proceso antes de que se produzcan problemas mayores, además de incrementar la eficiencia y la capacidad de producción.

- **Gráfica de control por variables**

Cuando la variable que se va a medir es continua, se hace uso de los gráficos respaldados en la tendencia central (\bar{x}) y en el rango (R). [47]

Gráfica X-R: Son utilizadas cuando se quiere controlar una variable continua respecto a la línea central.

Gráfica R: El rango de variabilidad del proceso, lo que facilitar visualizar si existe o no uniformidad.

Gráfica I-MR: Se utiliza cuando los datos son recopilados de forma continua.

- **Gráfica de control por atributos**

Este gráfico es utilizado para vigilar características de calidad que se miden en escala discreta. Es útil para analizar datos categóricos, como la presencia de defectos lo que permite hacer un seguimiento del desempeño del proceso. [48]

Gráfico P: Evalúa el número de elementos defectuosos del proceso.

Gráfico U: Controla el número de defectos encontrados por unidad, en la que cada artículo puede manifestar varios desperfectos.

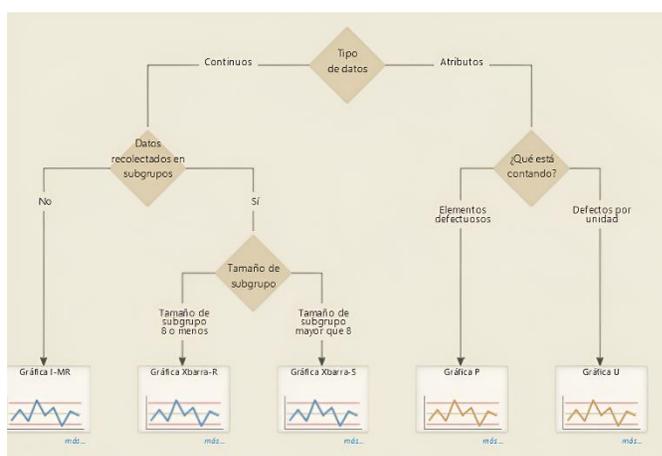


Fig. 10. Tipo de gráfica según el tipo de dato

Nota: fuente <https://support.minitab.com> Página de soporte de Minitab

10) MARCO LEGAL

La normativa legal del país determina los requerimientos y características de deben tener los productos para ser validados como un producto de calidad, asegurándose de que estos parámetros tengan lo necesario para asegurar su inocuidad y proteger la integridad de sus consumidores. Es por esto por lo que en la empresa AGROMORO, se basa en una norma relacionada a la fabricación de café tostado en grano o molido.

a) NTE INEN 1123

Esta norma determina los prerrequisitos que debe cumplir el café para su comercialización, en la que detalla sus características físicas, fisicoquímicas y microbiológicas. [49]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. *Metodología de la Investigación*

Las metodologías que van de acuerdo con el trabajo de investigación y que fueron utilizadas para su desarrollo son las que se muestran a continuación: Investigación documental y bibliográfica, investigación de campo de manera descriptiva.

1) *Tipos de investigación*

a) *Investigación bibliográfica:*

El trabajo de integración curricular emplea la modalidad bibliográfica puesto que permite al investigador obtener información proveniente de fuentes de consulta como libros, documentos, artículos, publicaciones, entre otros. Se realizó la recopilación, lectura y selección de las fuentes para la elaboración de la fundamentación teórica.

b) *Investigación documental:*

Sirve para la recopilación de información sobre las ventas generadas durante el año 2022, misma que es útil durante la aplicación del Diagrama de Pareto con vistas a la selección del producto más vendido.

c) *Investigación de campo:*

Con respecto a esta modalidad se trata de la obtención de datos en el origen del problema, en términos simples, es la primera fuente de información. Esta modalidad de investigación es adecuada para el proyecto puesto que se toma información de manera directa de la empresa AGROMORO CIA LTDA., permitiendo identificar problemas y plantear mejoras para dar solución.

d) *Métodos de investigación:*

Mixta: La orientación de la investigación optó por un enfoque mixto, combinando cuantitativos y cualitativos con el fin de recopilar, procesar e integrar datos.

Como cuantitativos, el peso de las unidades envasadas (presentación de 200 gramos), la granulometría, como cualitativos el número de defectos de unidades envasadas, teniendo enfoque en las unidades defectuosas en el proceso de envase.

2) *Técnicas de investigación*

a) *Observación:*

Esta técnica permite conocer el sistema de producción, visualizar el método de trabajo, la participación y tareas asignadas a cada operador.

b) *Entrevista:*

Se realizó reuniones con alta dirección para obtener información acerca del proceso productivo de la organización. Además, se entrevistó a los trabajadores pertenecientes al área de producción con la intención de familiarizarse con las actividades que desempeñan y considerar posibles modificaciones positivas que se pueden implementar.

3) *Instrumentos de investigación:*

Cuestionario: Previo a la entrevista se formula preguntas para facilitar y agilizar la recolección de información.

Minitab: Se utilizó el software para la ubicación de los datos para analizar la estabilidad, la capacidad de las variables.

Herramientas de calidad: Se utiliza Diagramas de Pareto para determinar el producto estrella, así también para priorizar el número de defectos/desperdicios. Se utilizó Diagramas de causa-efecto para definir las causas que generan los problemas. Así mismo, el diagrama SIPOC se usó para resaltar el proceso desde la recepción de sus materiales e insumos hasta los puntos finales de entrega, entre otros.

Otras herramientas destacadas fueron:

- Celular: se utilizó para tomar fotografías, grabar videos, grabación de audios.
- Draw.io y Visio de Office 365: estos programas se utilizaron para crear algunos diagramas que se presentan a continuación, según la facilidad de uso.

- AutoCAD: Para el modelado 3D de las instalaciones de la empresa, así como su distribución y nomenclatura de las áreas de trabajo.
- Minitab: fue utilizado para el análisis y gráficas de control estadístico.

Esta investigación desarrolla la metodología Lean usando las herramientas ubicadas dentro de las fases de DMAIC de Six Sigma. La Tabla III describe las herramientas de Lean y Six Sigma ejecutadas según la necesidad de recolección e interpretación de información.

TABLA III
HERRAMIENTAS LEAN Y SIX SIGMA EN LA ESTRUCTURA DMAIC

Fase	Herramientas
	SIPOC
	VOC
Definir	- Voz del cliente - Voz de negocio Project charter Flujograma de proceso
Medir	Plan de muestreo Sistema R&R Gráficas de control X-R & P Capacidad del proceso
Analizar	Gráfica de media Ishikawa 5 porqués TPM
Mejorar	Hojas de control Andon Kaizen
Controlar	Plan de Capacitación Gráficas de control X-R & P

Para la revisión del cumplimiento de producción según la norma INEN RTE 1 123 se hizo uso de los laboratorios de la universidad donde se usaron los siguientes instrumentos.

TABLA IV
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LABORATORIO

Instrumento	Objetivo
Horno de mufla	Destilar y elevar temperatura de las muestras
Crisoles	Para colocar muestras
Balanza analítica	Para pesar las muestras
Paleta	Para tomar muestras
Filtro de papel	Para usar como filtro de destilación
Cultivo 3M	Detección de mohos y levaduras
Tamizadora electrónica	Determinar la cantidad de partícula retenida por cada tamiz
Tamices	

4) *Antecedentes de la empresa*

En 1949, Segundo Romo originario de la ciudad de Tulcán estableció su primera fábrica de café bajo el nombre de café KALIFA. Junto con el apoyo de sus hijos, produjo las primeras libras de café que fueron comercializadas en Quito. Con el tiempo, en 1961, la planta se trasladó a la ciudad de Ibarra, donde comenzó la producción y distribución de café bajo el nombre de "Café Chinito". Posteriormente, en 1970, el café comenzó a comercializarse bajo el nombre de "Café Moro", dando origen a lo que hoy se conoce como AGROMORO.

AGROMORO CIA LTDA., tiene más de 52 años en el mercado, ubicada en la zona norte del país, enfocada en el servicio al cliente, innovación y calidad. Esta empresa está dedicada a la siembra, cosecha, producción y comercialización de café de altura a nivel nacional e internacional.

La planta de manufactura del café actualmente cuenta con siete trabajadores los cuales están distribuidos, entre gerencia, administrativos, ventas, encargado de producción, operario de máquinas y empaçado.

a) *Misión:*

Comprometida con el desarrollo, crecimiento social de las personas forman parte y trabajan en la empresa, además de participar en el desarrollo comunitario.

b) *Visión:*

La empresa mira alto y lejos y construye sueños; para el año 2025 esperan consolidarse como líderes en el mercado nacional e ingresar al mercado internacional asegurando siempre la mejor calidad de sus productos contando con la infraestructura ideal, un equipo competente y calificado para cubrir las necesidades de sus clientes. [50]

c) *Principios:*

- **Políticas de calidad**

Agromoro se compromete a satisfacer a sus clientes y consumidores ofreciendo la mejor bebida utilizando los mejores granos de café. La empresa dispone de personal capacitado, tecnología y materias primas de alta calidad lo que permite garantizar la calidad en todos sus productos. Además de dar cumplimiento a todas las políticas y exigencias sanitarias de nuestro país. [50]

- **Conciencia ambiental**

La empresa está encargada de brindar mantenimiento y facilitar el financiamiento al centro de rescate animal denominado “Kisha Kuyay” ubicado en la provincia de Imbabura, donde se albergan alrededor de 150 animales contribuyendo así a la ecología y medio ambiente. [50]

- **Trabajo social**

La empresa está comprometida con el desarrollo social dentro del país, brindando trabajo a las familias ecuatorianas. En épocas difíciles Agromoro ha brindado apoyo a los más necesitados a través de campañas de apoyo alimenticio, y la fomentación de participación en diversas disciplinas deportivas. [50]

d) *Ubicación geográfica:*

AGROMORO CIA LTDA., se ubica en la ciudad de Ibarra perteneciente a la provincia de Imbabura, está situada la Av. 13 de abril y El Oro.



Fig. 11. Ubicación geográfica

Nota: Adaptado de: [51]

e) *Información general de la empresa:*

TABLA V
INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre de la empresa	Agromoro Cía. Ltda.
Provincia	Imbabura
Ciudad	Ibarra
Dirección	Av. 13 de abril y El Oro.
Correo electrónico	agromoroinfo@gmail.com
Representante	Economista. Andrés Romo
Número de trabajadores	7
ACTIVIDAD QUE REALIZA	Fabricación, comercialización de café tostado y descafeinado.

5) *Caracterización de la empresa*

a) *Análisis organizacional:*

La empresa AGROMORO CIA LTDA., presenta un organigrama estructural con enfoque administrativo, aquí se describen las funciones desde el nivel jerárquico que ocupa cada trabajador.

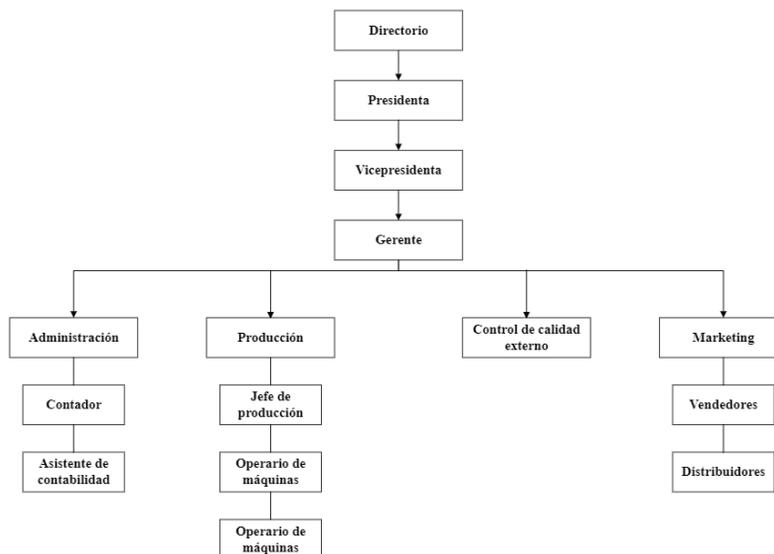


Fig. 12. Organigrama Estructural - AGROMORO

b) *Talento humano:*

A continuación, se representa el número de trabajadores de cada área de la empresa

TABLA VI
NÚMERO DE TRABAJADORES

Área	Descripción	Género		Cantidad
		M	F	
Producción	Tueste	X		1
	Triturado	X		1
	Envasado		X	1
TOTAL				3

c) *Mapa de procesos:*

Es un diagrama que muestra la estructura una organización que normalmente es gestionada por procesos, donde describe el enfoque, el principio de gestión horizontal, la posición del cliente, el punto de partida y su objetivo [52].

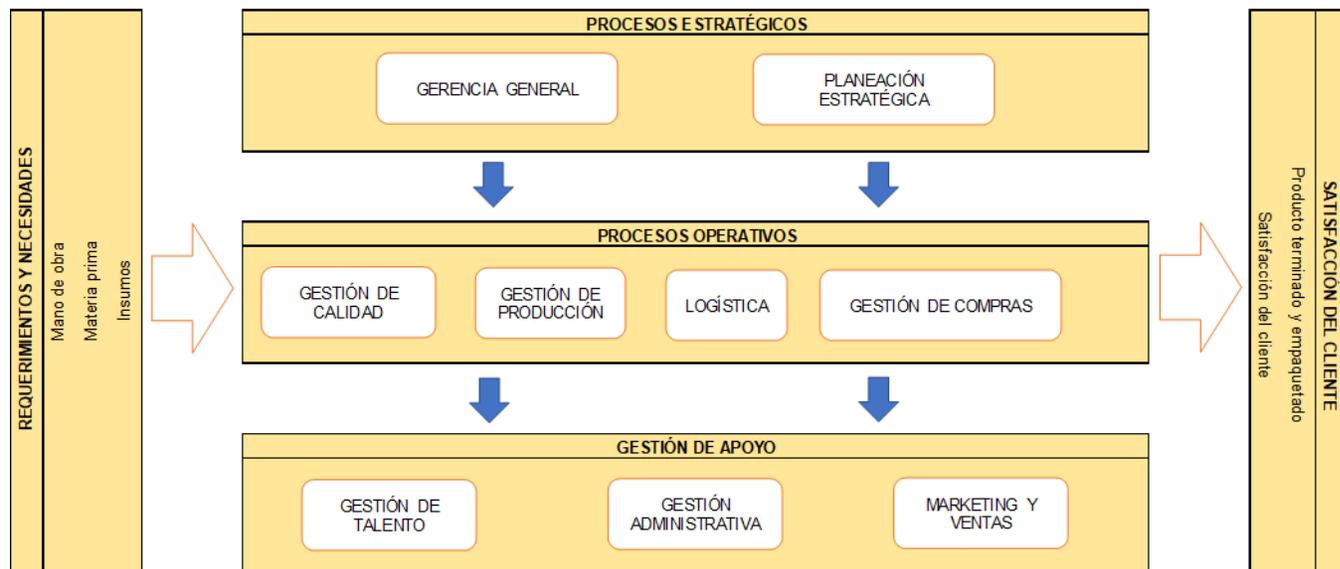


Fig. 13 Mapa de macroprocesos

d) *Layout:*

Esta es la actual representación de la empresa misma que muestra las diferentes áreas de trabajo como; el área de producción, áreas de almacenamiento, y el departamento administrativo.

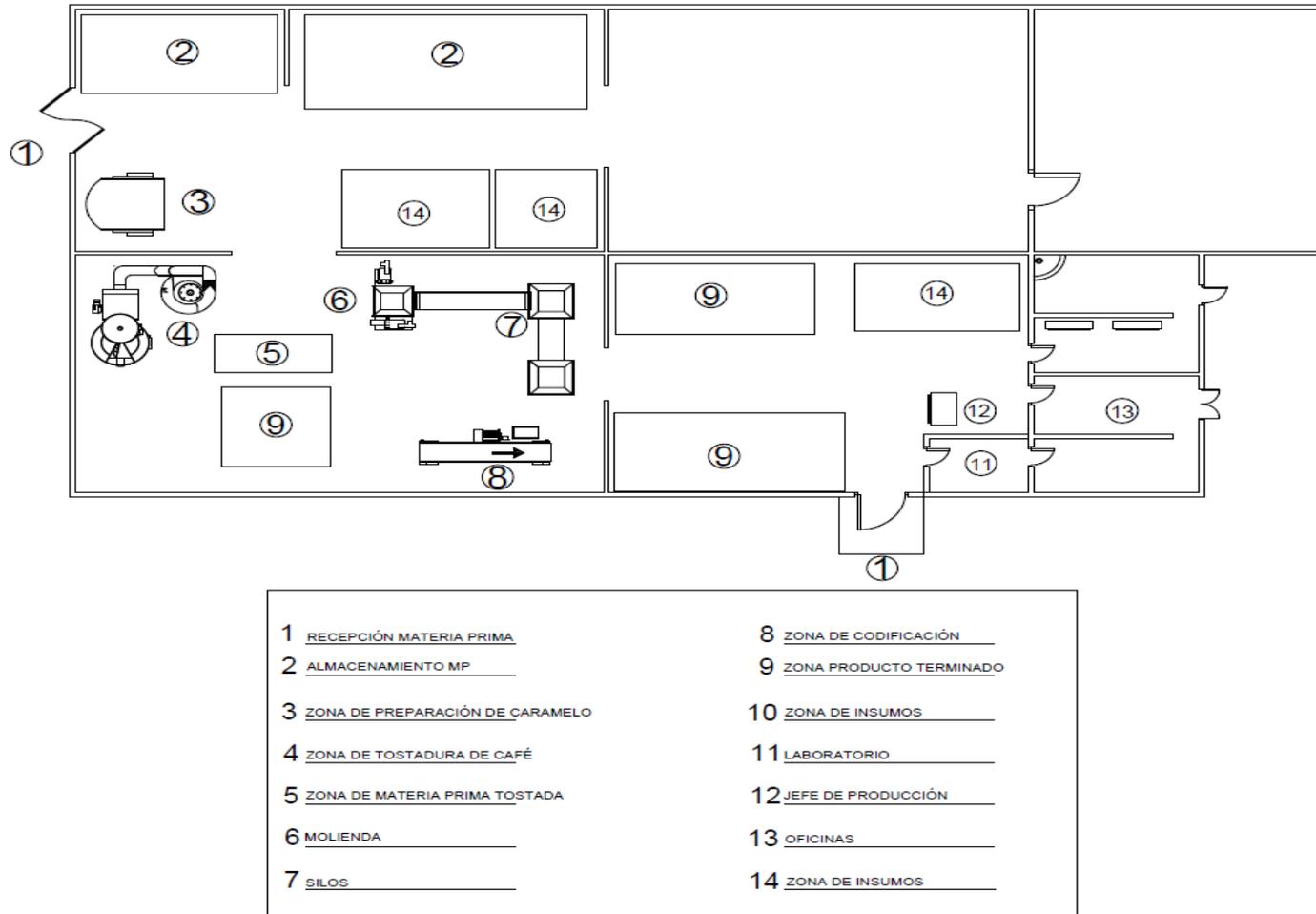


Fig. 14 Distribución de la planta de producción de café

6) *Productos*

En la Tabla VII, se exhiben los productos que ofrece la empresa: café tostado y molido, café tostado, café instantáneo y premium, sin embargo, estos dos últimos no son procesados dentro de la fábrica por falta de equipos necesarios para su transformación.

TABLA VII
PRODUCTOS

CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO		
Tipo	Peso neto	Presentación
Café Moro Clásico	45 gramos	
	100 gramos	
	200 gramos	
	400 gramos	
CAFÉ TOSTADO PREMIUM		
Café Moro Premium	Peso neto	Presentación
Limón	500 gramos	
Avellana		
Vainilla		
Almendra		
Menta		

7) *Producto estrella*

Por medio de un diagrama de Pareto podemos obtener que el 65,12% de las ventas de la empresa "AGROMORO" durante el año 2022 corresponden a dos tipos de productos de Café Moro Clásico (en presentaciones de 200 g y 45 g respectivamente), mismas que representan un promedio de 138 mil dólares en ventas anuales.

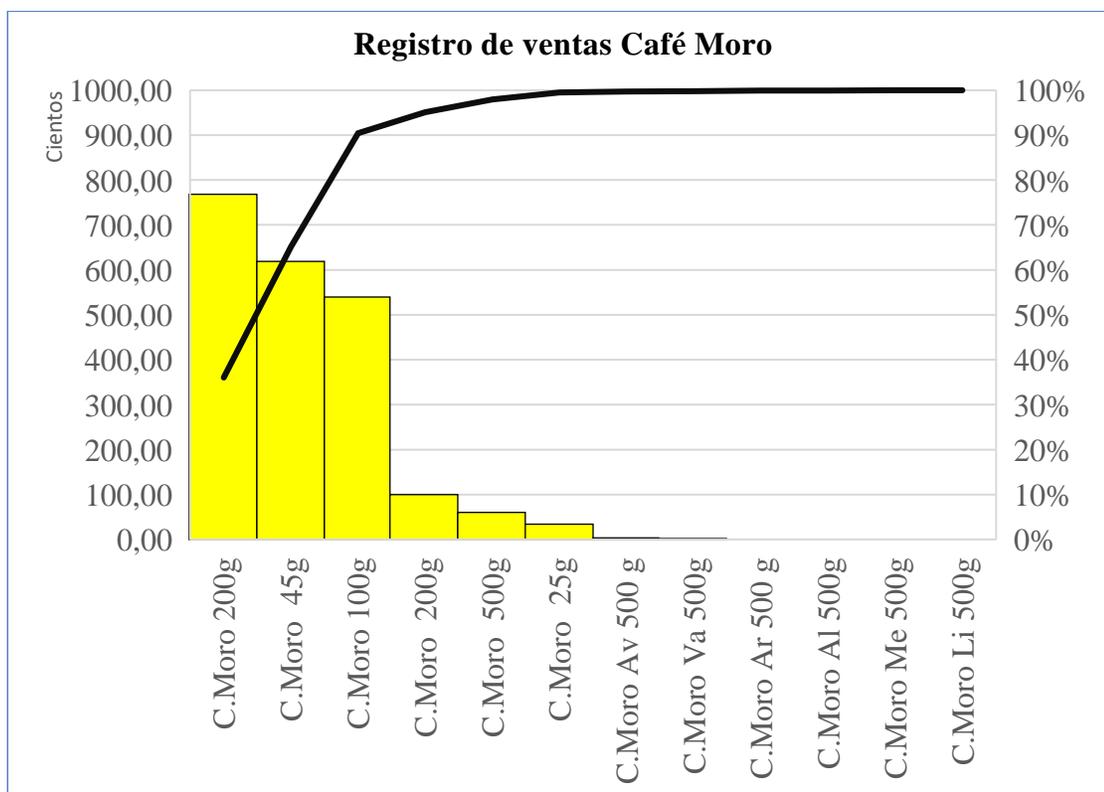


Fig. 15. Ventas durante el año 2022

La figura 11, se muestra que los productos más demandados son las presentaciones de Café Clásico de 200 g y 45 g, por ello el estudio está enfocado en la de 200g siendo el producto más representativo de la empresa en cuanto a ingresos y por ello la necesidad de buscar mejoras que permitan maximizar las unidades producidas mientras se reducen las unidades defectuosas. Sin embargo, las mejoras que se propongan se podrían replicar a las demás presentaciones de café ya que se usa el mismo sistema de producción para su fabricación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. *Propuesta y Resultados*

Dentro del siguiente capítulo se desarrollan las fases de la metodología DMAIC con la intención de identificar y representar la obtención de datos mediante las herramientas de calidad. Estas herramientas permiten detectar y resolver problemas que influyen en el rendimiento dentro del proceso de manufactura del CAFÉ.

1) *FASE DEFINIR*

De acuerdo con el apartado anterior correspondiente a la fig.11. Donde definimos el producto estrella se llevará a cabo el diagrama SIPOC.

a) *Diagrama SIPOC*

Con la intención de facilitar la interpretación del proceso productivo se elaboró el diagrama SIPOC, que involucra la relación entre proveedores (entradas) y clientes (salida).

Para la elaboración se tomaron los siguientes aspectos:

- Se determinó el ciclo de producción, haciendo un seguimiento de todo el proceso reconociendo cuales son las entradas y salidas.
- Se identificó proveedores de materia prima e insumos.
- Se identificó a los clientes que reciben los productos.

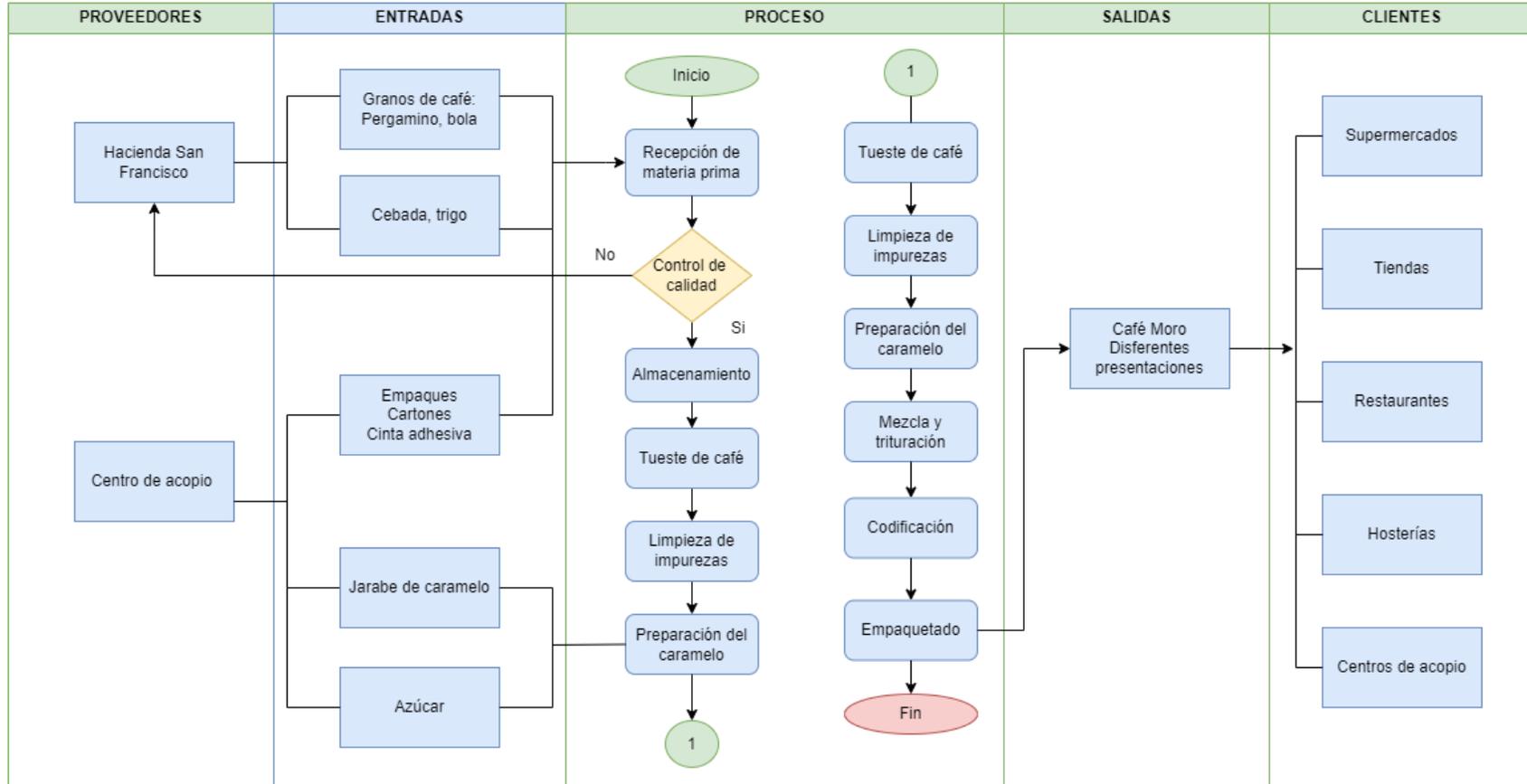


Fig. 16. Diagrama SIPOC

b) *Voz del cliente:*

A miras de conocer los requerimientos del cliente externo e interno se emplearon técnicas para conseguir información que ayude a aclarar el panorama de la empresa.

- **Voz externa**

Se desarrolló un árbol de CTQ's para evaluar cuál es la percepción de los consumidores acerca del producto. El objetivo es comprender el impacto de las características en el producto final. El árbol CTQ's fue una herramienta estratégica utilizada para identificar factores claves que inciden en la calidad percibida por los clientes.

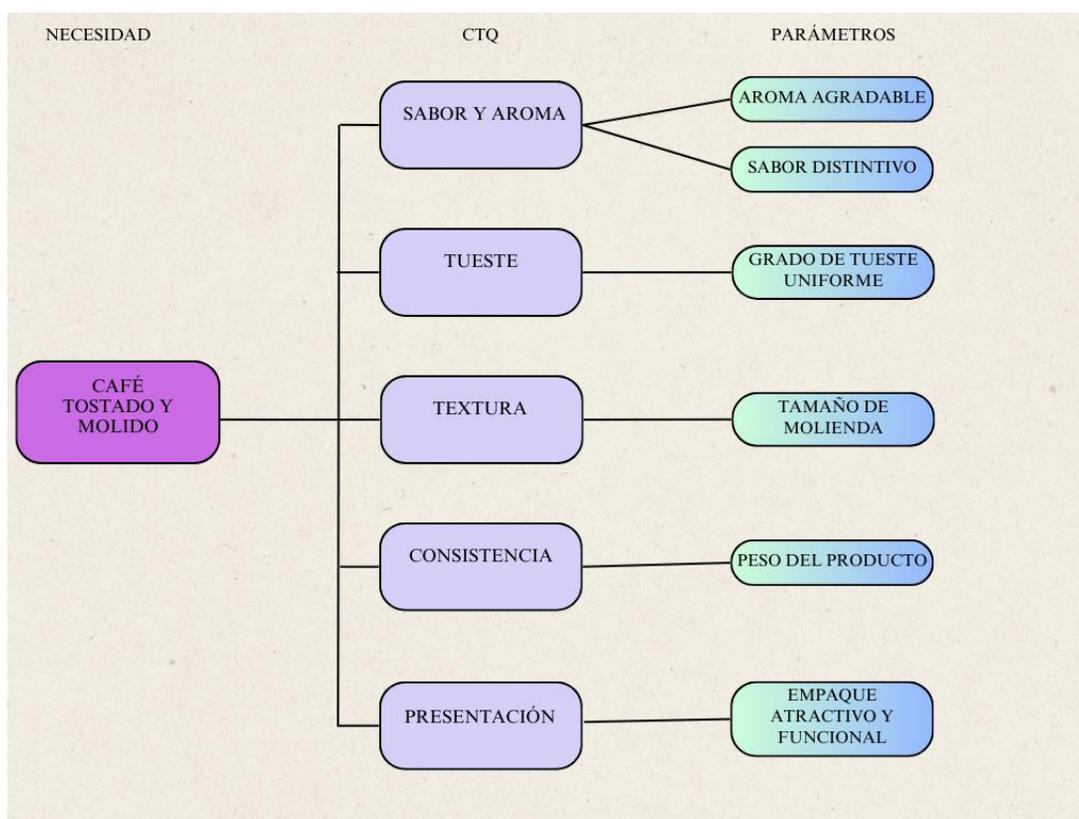


Fig. 17. Árbol de CTQ's

Para recabar dicha información se realizó una encuesta, para ello se realizó la escala ordinaria que se basa en una escala del 1-5 con información necesaria y relevante sobre cada tipo de pregunta.

PREGUNTAS – VOC

Pregunta 1: ¿Cómo describirías la consistencia del tamaño de grano en nuestro café?

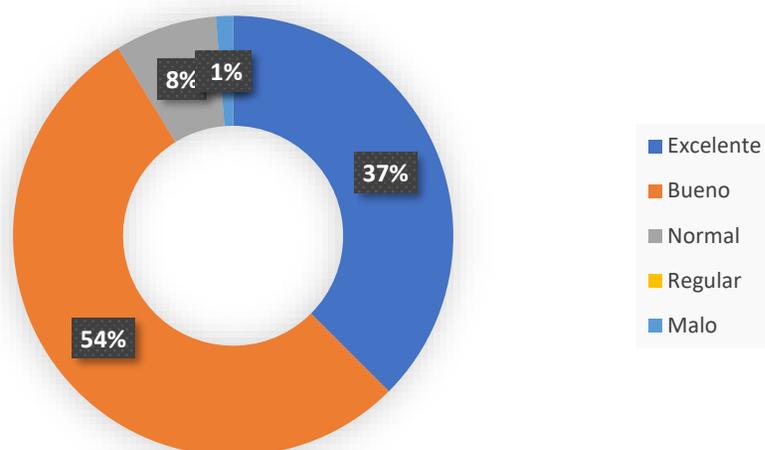


Fig. 18. VOC – Pregunta 1

Pregunta 2: En una escala del 1 al 5, ¿Cómo evaluarías el nivel de tostado del café?

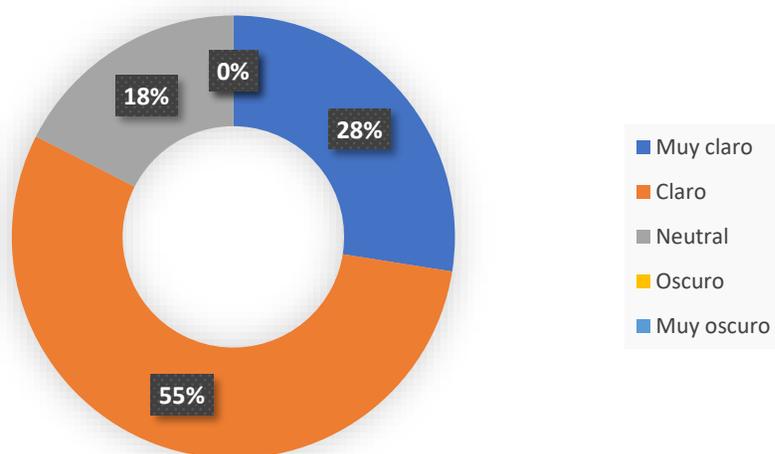


Fig. 19. VOC – Pregunta 2

Pregunta 3: ¿Cómo calificarías la efectividad de nuestro envase?

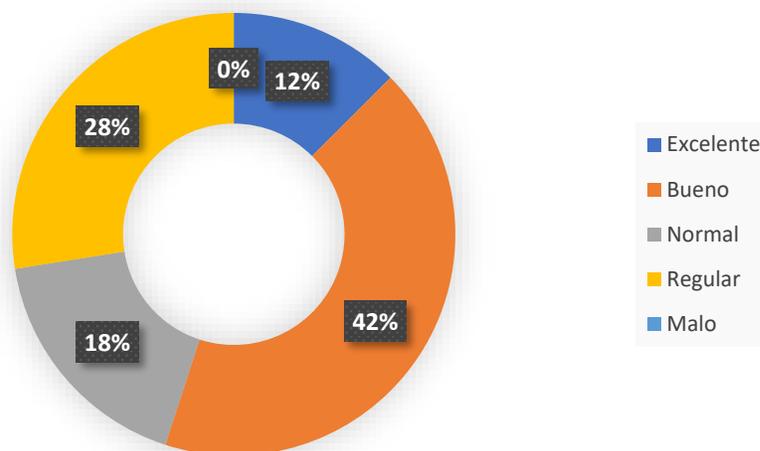


Fig. 20. VOC – Pregunta 3

Pregunta 4: ¿Cómo describirías la consistencia del peso neto en nuestros paquetes de café?

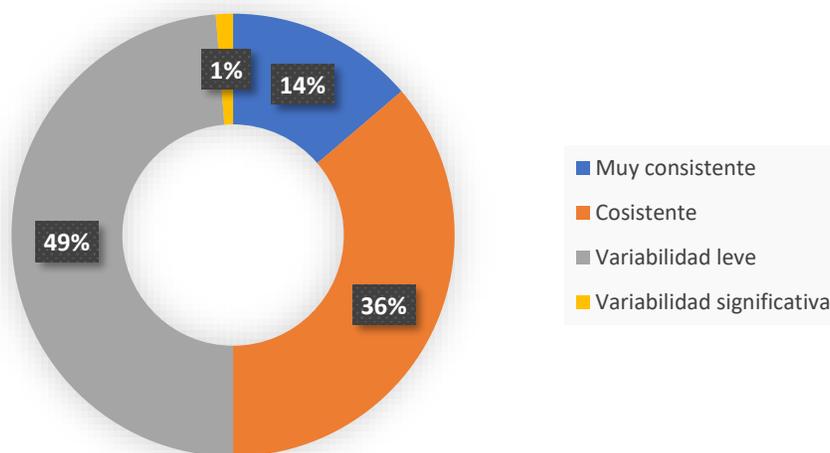


Fig. 21. VOC – Pregunta 4

Pregunta 5: ¿Has encontrado algún paquete de café que se encuentre roto?

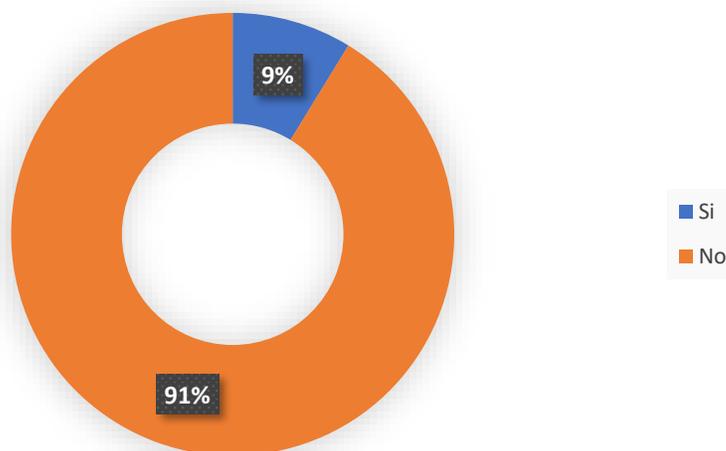


Fig. 22. VOC – Pregunta 5

Análisis de resultados

Si bien las CTQ's fueron fijadas con la intención de determinar cuál es la problemática desde la visión del cliente y utilizarlas como base de interpretación de mejora de los productos, no existen valores que exalten una problemática, más bien una sugerencia sobre el envasado de los productos, al observar que los entrevistados mostraban que no tenían una perspectiva general sobre los productos que adquieren, se abrió paso a conocer a la voz interna de la empresa, es decir, los trabajadores en el área de producción.

- Voz interna

Para comprender las necesidades del cliente interno hubo charlas con los trabajadores para conocer los diferentes puntos de vista sobre el proceso y concluir que la mayoría de problemas están relacionadas con el uso de máquinas y equipos de trabajo.

Para representar los diferentes criterios se realizó un gráfico (lluvia de ideas).

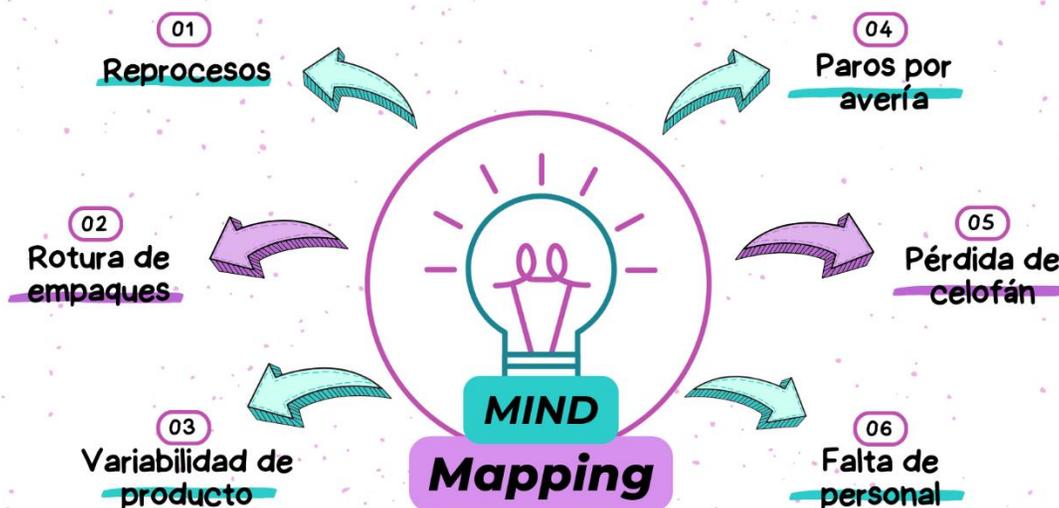


Fig. 23. Brainstorming

A continuación, se elaboró una ficha de evaluación de criterios para puntuar los problemas de producción, esto según el punto de vista de cada operario y que se utilizó para identificar cuál es el mayor problema.

TABLA VIII
FICHA DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS

Datos generales				
Fecha de elaboración	25/03/2024			
Responsable	Franz Pujota			
Objetivo de evaluación	Evaluar problemas de producción			
Criterios de evaluación	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Observaciones
Reprocesos	2	3	2	Relacionada con variabilidad del peso
Rotura de envases	1	1	1	Relacionada con la variabilidad del peso y averías
Variabilidad del peso de producto	4	4	3	

Paros por averías	3	3	2	Relacionada con la variabilidad del peso
Pérdida de celofán	1	1	2	Relacionada con paros por averías
Falta de personal	1	2	1	

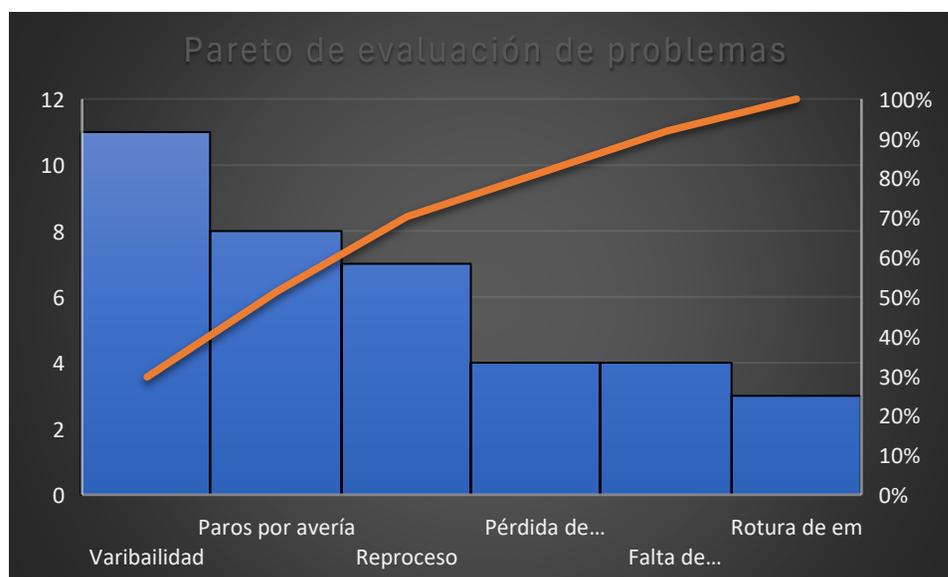


Fig. 24. Diagrama de Pareto de problemas evaluados

Basado en los resultados, se puede asumir que según la percepción de los trabajadores los problemas que más resaltan es la variabilidad del peso del producto terminado, los paros por avería de maquinaria y una parte de reproceso. Aunque cabe resaltar que estos problemas están relacionados entre sí, debido a esto se trabajará con la variabilidad del peso por ser un dato cuantitativo.

c) *Voz de negocio:*

Análisis de rendimiento de materia prima

La planificación de producción de la empresa se basa pura experiencia que tiene el encargado de producción, quien utiliza su conocimiento para realizar un pronóstico de las unidades que se deben producir. Como parte del proceso, se prevé y se prepara una cantidad específica de materia prima, medida en kilogramos.

En la Tabla IX, se representa el análisis de rendimiento realizada durante una parada de producción de “Café Moro” 200g.

TABLA IX
ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN

Tipo de MP	Fecha de producción	Materia prima en kilogramos	Unidades esperadas	Unidades producidas	Déficit en kilogramos
Café tostado y molido	04/01/2024	250 kg	1250 unidades	988 unidades	52,4 kg
Celofán/envases	04/01/2024	1.97 kg	988 envases	1058 envases utilizados	3,37 kg

Productividad del proceso

Unidades empacadas convertidas a gramos

$$988 \text{ unidades} \times 200 \text{ g} \cong 197600 \text{ g}$$

Transformadas a kg

$$197600 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cong 197,6 \text{ kg}$$

Indicador de productividad

$$\% \text{ Prod: } \frac{\text{Peso envasado}}{\text{Peso material utilizado}}$$

$$\% \text{ Prod: } \frac{197,6 \text{ kg}}{250 \text{ kg}} \cong 0.7904$$

$$\% \text{ Prod: } 79,04 \%$$

Dando como resultado que el rendimiento de café tostado y molido es del 79,04 % que corresponde a recursos utilizados efectivamente, mientras que el restante representa una pérdida y reproceso durante la fabricación de las unidades de café.

TABLA X
PÉRDIDA POR UNIDADES DE CAFÉ DESPERDICIAS

Fecha	Déficit en kilogramos	Unidades totales	Valor unitario	Total, pérdida
04/01/2024	8,4 kg	42 unidades	\$ 1,90	\$ 79,80

TABLA XI
PÉRDIDA POR UNIDADES DE ENVASES DESPERDICIAS

Fecha	Exceso de envases en kg	Unidades excedentes	Valor unitario	Total, pérdida
04/01/2024	1,4 kg	70	\$ 0,10	\$ 7,00

Las Tablas X y XI, representan económicamente el efecto de contar con unidades defectuosas, en la que una corresponde a unidades no vendidas y la otra a unidades desperdiciadas durante la fabricación de café Moro de 200 gramos.

Rendimiento de cada subproceso

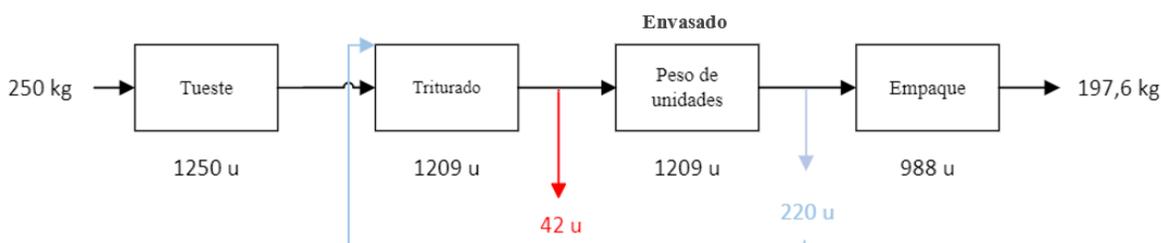


Fig. 25. Rendimiento del proceso

En la imagen está claro que el subproceso de peso y sellado de unidades es que la tiene el mayor porcentaje de unidades defectuosas, generando una pérdida de productos no vendidos por lote producido, sin embargo, estas pueden ser reprocesadas mientras que en el subproceso de triturado existen un total de 42 unidades perdidas.

Razón por la que se realizaron pruebas para determinar las características físicas que podrían afectar al proceso y al peso de las unidades finales.

FICHA NORMATIVA

Dado que la empresa realiza la fabricación de sus productos basados en la normativa RTE INEN 1123-2016. Se hizo uso de los valores referenciales para conocer las características específicas que debe poseer el producto para su comercialización y determinar la existencia de algún valor que afecte al producto final.

Para ello primero se especifican los resultados obtenidos al aplicar los métodos de medición detallados en la respectiva norma, para ello se realizaron tres muestras para cada una de las características físicas del café por motivos del uso de laboratorio.

Granulometría

Se hizo uso de tamices regulados para determinar el nivel de molienda del café, para ello se tomaron 3 muestras cada uno de 100 gramos. A continuación, se observan los resultados de las tres muestras.

TABLA XII
MUESTRA DE PRUEBA DE GRANULOMETRÍA

Tamaño de partícula			
Tamiz	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
2000 μm	0,04	0,1	0,05
1400 μm	1,36	1,5	1,35
1000 μm	40,6	39,5	35,4
500 μm	51,1	50,8	58,1
425 μm	1,4	3,7	1,6
Base	5,5	4,4	3,5
Total	100	100	100

Fisicoquímicos

Las pruebas para la determinación de las características fisicoquímicas fueron realizadas en los laboratorios de la facultad FICAYA, con el fin de definir los valores reales correspondientes.

- Prueba de humedad

TABLA XIII
PRUEBA DE HUMEDAD

Humedad			
Fracción en masa	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Porcentaje	2,11%	2,19%	2,35%

- Prueba de sólidos solubles

TABLA XIV
PRUEBA DE SÓLIDOS SOLUBLES

Sólidos solubles del extracto acuoso			
Molienda	Extracción	Muestra	Fracción en masa (%)
Gruesa	Rápida	1	20,63 %
Gruesa	Normal	2	30,60 %
Mediana	Lenta	3	20,19 %

- Prueba de cenizas totales

TABLA XV
PRUEBA DE CENIZAS TOTALES

Cenizas totales			
Fracción en masa	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Porcentaje	30,8 %	30,78 %	30,73 %

Microbiológicos

- Prueba de mohos y levaduras

TABLA XVI
PRUEBA DE MOHOS Y LEVADURAS

Mohos y levaduras			
Tipo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Mohos	3	1	4
Levaduras	4	2	5
Recuento total	7	3	9
UFC/g	70	30	90

La Tabla XVII es una ficha adaptada de la normativa para agregar el valor real de la empresa durante la elaboración del café tostado y molido.

TABLA XVII
FICHA NORMATIVA

Granulometría del café tostado y molido							
Denominación	Tamaño de partícula						Valor real evaluado
Extrafino	Por debajo de 350 μm						X
Fino	Entre tamiz de 350 μm a 500 μm						X
Mediano	Entre tamiz de 500 μm a 700 μm						X
Grueso	Entre tamiz de 700 μm a 900 μm						X
Requisitos fisicoquímicos							
Requisito	Unidad	Valores				Valor real evaluado	
		Mínimo	Máximo				
Humedad	% Fracción en masa	----	3,5			2,35 %	
Sólidos solubles del extracto acuoso	% Fracción en masa	20,0	40,0			30,60 %	
Cenizas totales	% Fracción en masa	----	5,0			3,80 %	
Requisitos microbiológicos							
Microorganismo	Unidad	Caso	n	c	m	M	Valor real
Mohos y levaduras	UFC/g	7 ^a	5	2	100	200	90

Caso 7: Peligro moderado de difusión limitada

Donde:

n; número total de muestras a analizar

m es el límite de aceptación,

M es el límite superado el cual se rechaza,

c es el número de muestras admisibles con resultados entre m y M.

La mayoría de los resultados extraídos tras hacer las pruebas se encuentran dentro de la normativa, a excepción de “granulometría” donde se puede apreciar que existe una desviación en tanto a tamaño de partícula extrafina hasta partícula grueso. Incluso excediendo los límites de aceptación por lo que se ha indicado como un parámetro que también influye dentro de la variación del peso de las unidades de café final.

d) *Project Charter:*

Esta carta de definición se elabora con la intención de que las partes interesadas tengan presente cuales son las problemáticas por tratar, el objetivo y el alcance del proyecto dentro del proceso productivo.

TABLA XVIII
CARTA DE DEFINICIÓN

AGROMORO CIA. LTDA			
		Project Charter	
Información general			
Nombre del proyecto	Mejora del proceso de producción basado en la metodología Lean-Six Sigma		
Equipo del proyecto	Partes interesadas		
Patrocinador	Héctor Pambaquishpe	Gerente	Econ. Andrés Romo
Gerente	Econ. Andrés Romo	Autor	Franz Pujota
Autor	Franz Pujota		
Descripción de la situación problemática			
El problema se encuentra en el proceso de fabricación de café debido a que existe una cantidad considerable de productos defectuosos como la variabilidad del peso, inconsistencia en granulometría, y unidades rotas.			
Objetivo del proyecto			
Diseñar una propuesta de mejora del proceso de producción en la empresa AGROMORO CIA. LTDA basado en la metodología Lean-Six Sigma para reducir el número de defectos, control de la producción y el aseguramiento de la calidad de sus productos.			
Alcance			
Este proyecto se centrará en mejorar el proceso de producción de café gracias al uso de herramientas de Lean Six Sigma. En la que se llevarán a cabo mejoras en los subprocesos que influyen en la obtención de los resultados deseados			
Resultados			
Reducir el número de unidades defectuosas lo que significa minimizar la cantidad de desperdicios, mejorar la calidad del producto e incrementar el control del proceso bajo documentación.			
CTQ's	Indicador	Línea base	Objetivo
Peso de producto terminado	Peso en gramos	200 ± 12	200 ±5
Granulometría	µm	Entre 500µm y 1400µm	Entre 500 µm a 900 µm
Envase	Unidades envasadas	Roturas/aberturas	Reducir el # de unidades dañadas

2) FASE MEDIR

A continuación, se representa mediante un diagrama OTIDA el proceso para la elaboración de café.

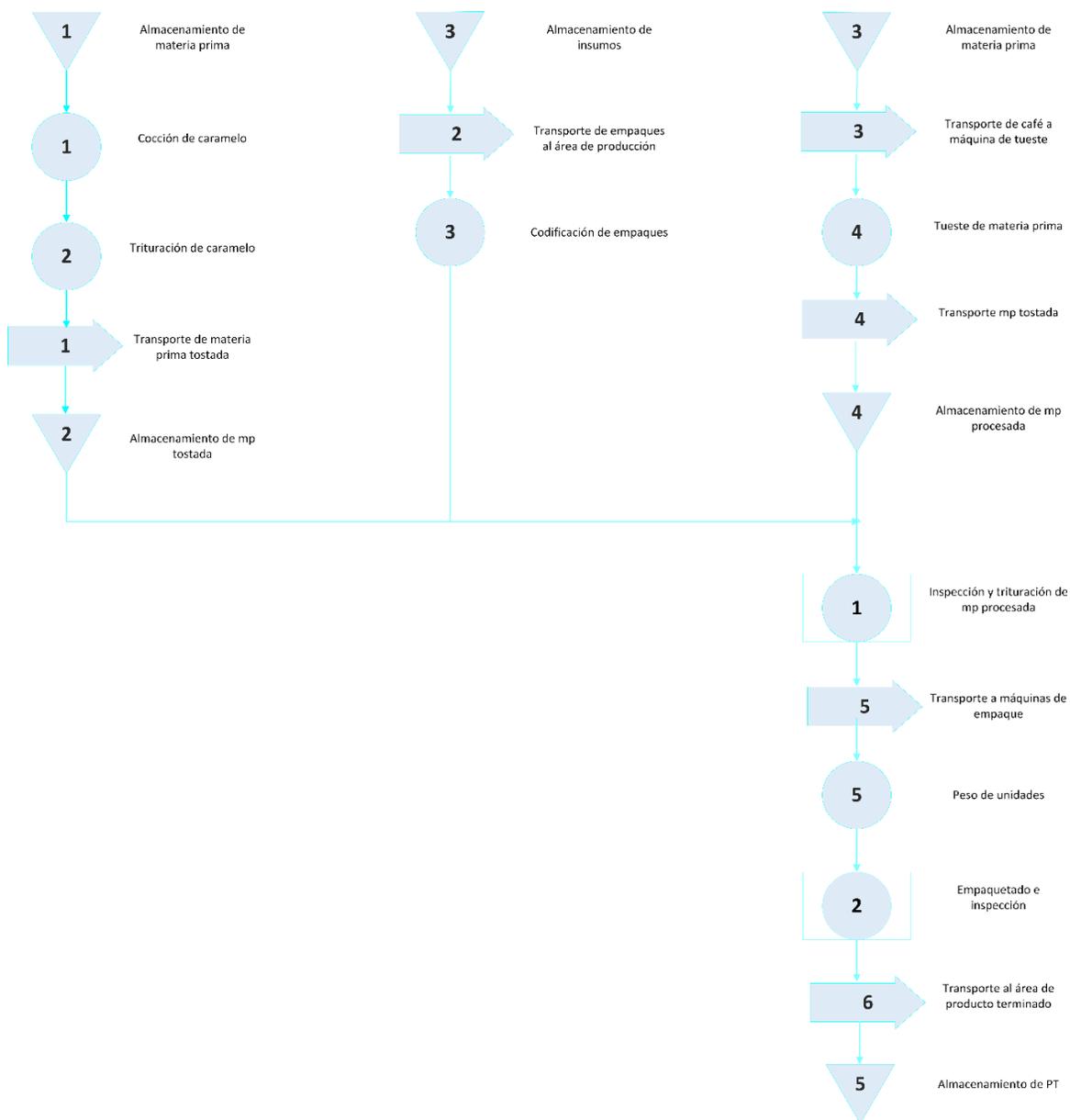


Fig. 26 Diagrama OTIDA – Proceso de producción

a) *Análisis del sistema de Medición Estudio R&R:*

Variabilidad del peso de unidades y granulometría

El análisis del estudio R&R facilita la comprobación de si los operadores encargados de las mediciones llevan a cabo las mediciones de manera correcta, es decir, sin presentar una variación significativa y que estén dentro de los rangos establecidos por los límites superior e inferior.

Con la finalidad de obtener resultados más precisos se utilizó las especificaciones “por default” con las que trabaja el programa de Minitab. Por lo tanto, para el análisis del sistema de medición del peso de las unidades envasadas se utilizó balanzas digitales, la participación de tres operarios pertenecientes al área de producción para determinar si es necesaria la capacitación o la calibración de los dispositivos. En cuanto a la recolección de las mediciones se hizo la toma de 10 datos para el peso de unidades.

Estas muestras fueron obtenidas de forma aleatoria de para dar la oportunidad a cada unidad de ser seleccionada para el estudio. Además de realizarse con dos réplicas dando un total de 60 mediciones. Para mejor comprensión revisar el Anexo 2.

El resultado de los datos también fue utilizado para el apartado de granulometría debido a que utiliza el mismo método de medición para medir los diferentes pesos retenidos en cada tamiz utilizado.

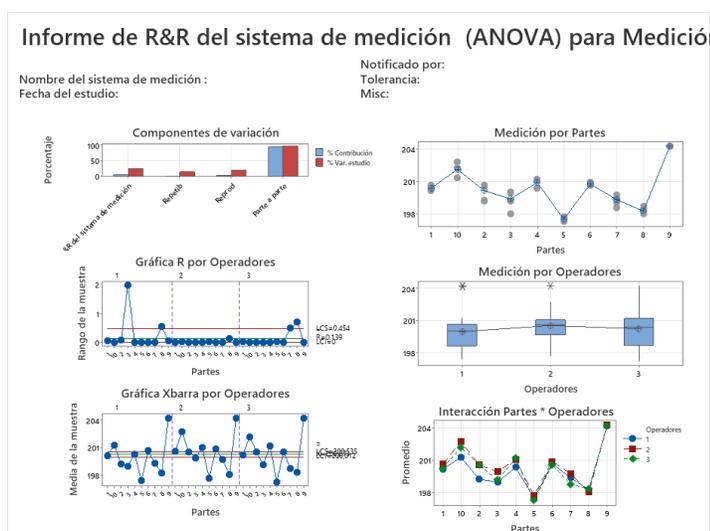


Fig. 27. Informe del sistema de medición R&R

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,24311	6,20
Repetibilidad	0,08200	2,09
Reproducibilidad	0,16111	4,11
Operadores	0,06477	1,65
Operadores*Partes	0,09634	2,46
Parte a parte	3,67767	93,80
Variación total	3,92078	100,00

Fig. 28. Estudio de componentes de varianza

Una vez ejecutado el análisis con Minitab se pudo determinar que el sistema de medición es oportuno, esto debido al valor obtenido de R&R de 6,20. Resultando que los operadores conocen el sistema y la forma de realizar las mediciones, por lo tanto, los datos que se van a obtener son confiables para el estudio.

b) *Recolección de datos*

- **Plan de Muestreo – Peso neto de café**

Para asegurar la calidad de las unidades producidas, es crucial determinar el tamaño de muestra para la totalidad de la población a examinar, específicamente para el producto principal, son las unidades de 200 gramos.

Para ello se usó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N(z \frac{\alpha}{2})^2 \sigma^2}{e^2(N - 1) + (z \frac{\alpha}{2})^2 \sigma^2}$$

Donde:

Se toma un nivel de confianza del 95% y un error de la muestra en un 10%.

N = 2000 unidades que son producidas en 1 día.

$Z = 1,96$ que representa el nivel de confianza seleccionado.

e = margen de error.

σ = desviación estándar (5 gramos de café)

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$N = \frac{2000 \cdot (1,96)^2 \cdot 5^2}{(0,5)^2(2000 - 1) + (1,96)^2 \cdot 5^2}$$

$$n = 322,39 \approx 322 \text{ u}$$

Dando como resultado 322 unidades de café moro de 200 gramos, que deben ser examinadas sistemáticamente. Con la finalidad de juntar valores para cada uno de los subgrupos se llevó a cabo el estudio mediante con el nuevo $n = 324$ unidades.

- **Muestreo sistemático – Peso neto de café**

A fin de conseguir una visión integral y precisa del proceso productivo, se llevó a cabo la planificación para la recolección de datos. Con el número de muestras n , se lo divide para las 4 categorías de Café, en base a sus presentaciones más representativas (25, 100, 200 y 400) g por medio de la fórmula:

$$K = \frac{n}{n'} = \frac{324}{4} = 81$$

Por lo tanto, las muestras serán tomadas de 205 en un lote diferente, teniendo en cuenta un muestreo sistemático que se ve expresado por la siguiente fórmula:

$$k = \frac{2000}{324} = 6$$

- **Medición de la estabilidad del proceso – Peso neto de café**

En este punto se hizo el análisis para determinar si un proceso es estable, a través del uso de Cartas de Control X-R para medir la característica de “peso neto de las unidades” con la finalidad de determinar el comportamiento del proceso a través de las gráficas proporcionadas por el software Minitab.

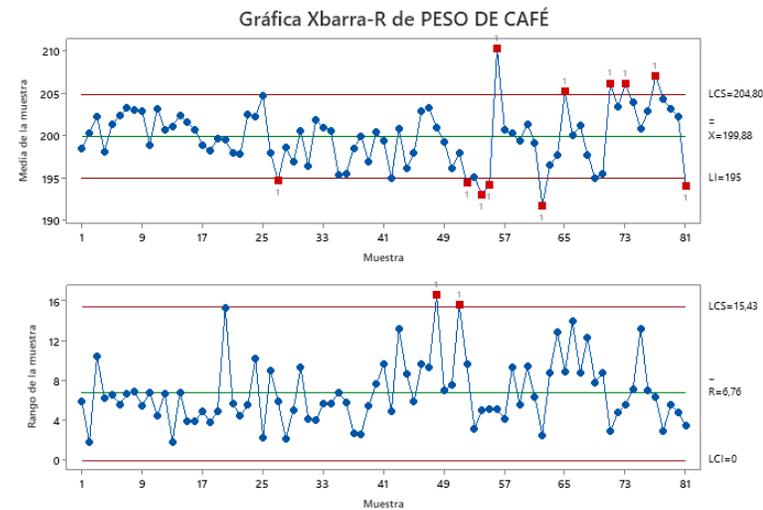


Fig. 29. Estabilidad del proceso de peso de unidades

El Anexo 3, indica los datos que fueron utilizados para realizar la Carta de Control X-R. Es posible apreciar que el proceso en su mayor parte del tiempo es estable debido a que los datos están concentrados dentro de los límites de aceptación. Sin embargo, se puede apreciar que existe un **Patrón de inestabilidad**, razón por la cual se inspeccionó el proceso entre el triturado y envasado. Identificando que suceden cuando el café enviado desde la trituradora hacia la empacadora no es consistente, ya que se necesita de la activación del elevador de café, pero este interruptor está lejos del alcance del operador encargado, teniendo que abandonar la estación de empaque para activar o desactivar el sistema de envío logrando así cubrir la tolva con producto para el envasado.

En la figura 36, con respecto al Layout de la empresa, existe al menos 3 metros de distancia para encender el elevador cada vez que se necesita café en la máquina de envasado.

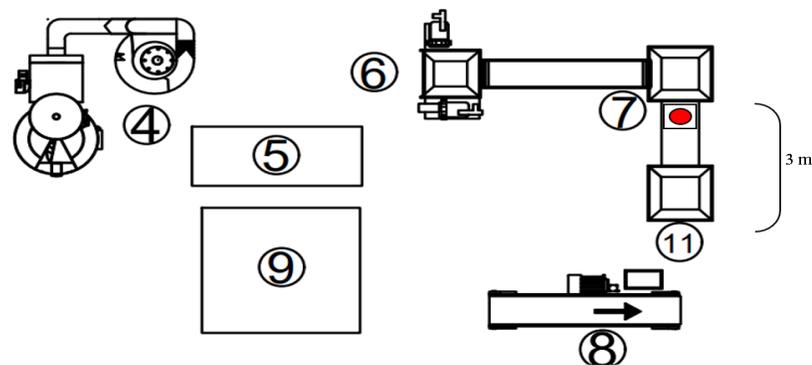


Fig. 30. Distancia entre el control del elevador y el área de envasado

Por otra parte, el proceso también presenta un **Patrón Cíclico**, lo que hace referencia a fluctuaciones en el flujo de café, donde se acumulan a causa de residuos y material retenido que evitan el paso directo hacia los dosificadores, además de mantenimientos periódicos rápidos en la que el operario ajusta la máquina, pero poco tiempo después vuelve a presentar problemas indicando que necesita mantenimiento nuevamente.

Además, se debe a que el café envasado presenta diferentes tamaños de partícula lo que directamente afecta al peso final del producto. Que por medio de una prueba de granulometría se obtuvo que existe variación en el tamaño de partícula haciendo que el peso del café final sea inconsistente.

- **Plan de muestreo – Tamaño de partícula**

Para este apartado, se utilizó un total de 10 kg de café para determinar el porcentaje retenido en cada tamiz a fin de establecer el tamaño de partícula tras el proceso molienda de los granos de café. Tomando 100 g por cada evaluación, dando un total de 100 datos analizados.

TABLA XIX
RECOLECCIÓN DE DATOS – GRANULOMETRÍA

HOJA DE OBTENCIÓN DE DATOS – TAMAÑO DE PARTÍCULA			
Producto	Café torrado molido 200 g	Fecha	20/01/2024
Proceso	Triturado	Responsable	Investigador
N° Producto Terminado	100	Equipo de medición	Franz Pujota
AGROMORO			
Datos			
Tamiz	Promedio de café total de las muestras	Porcentaje	Dentro del límite
2000 µm	115,78 g	1,16 %	No
1400 µm	298, 88 g	2,99 %	No
1000 µm	4319,55 g	43,20 %	No
500 µm	4760,73 g	47,61 %	Sí
425 µm	505,06 g	5,04 %	Sí

Tras los datos obtenidos, el 47,35 % de café que fue pasado por los tamices no están dentro de los límites de la norma en cuanto al tamaño de partícula, por lo que se puede inducir que hay

una variación en la granulometría del café molido, esto está relacionado directamente con la máquina de trituración. El Anexo 4 muestra el número de ensayos con sus respectivos gramos retenidos en cada tamiz.

- **Medición de la estabilidad del proceso – Tamaño de partícula de café**

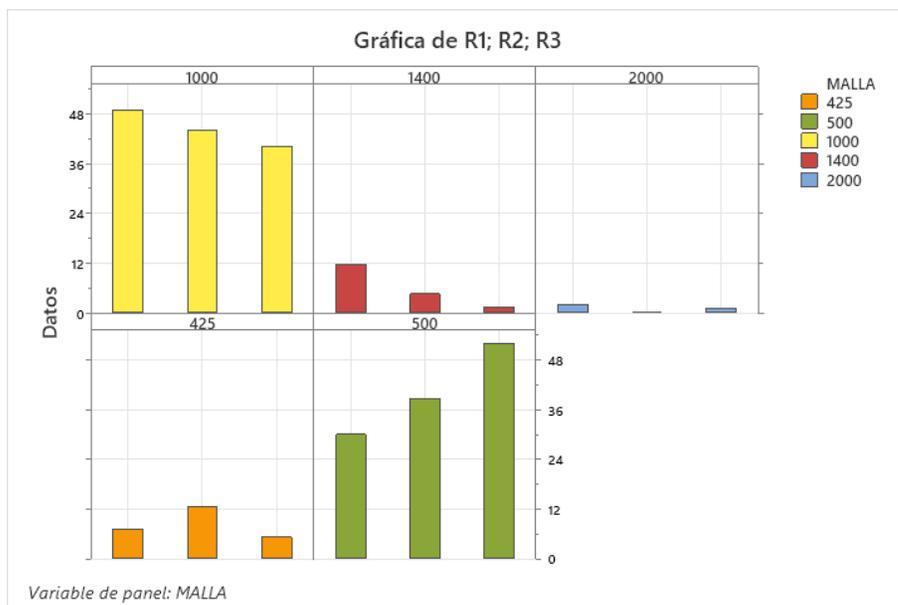


Fig. 31. Media de retención de café

Para esto se utilizó la elaboración de la figura 31, fueron utilizados los primeros tres resultados de granulometría donde la variabilidad del tamaño de partícula de café retenido en cada uno de los tamices, evidencia que existe variabilidad en el proceso de triturado. Esto se debe a que no existen registros de mantenimiento del molino, por ende, el desgaste de los componentes hace que el proceso de trituración sea inconsistente. Ya que el tiempo máximo que dura en este proceso es de 17 minutos lo que significa que no es tiempo suficiente para obtener un tamaño de partícula consistente.

- **Plan de muestreo – Envase**

Para determinar la muestra del envasado enfocado en unidades defectuosas se determinaron el número de unidades que presentan algún tipo de falla durante la producción. Por consiguiente, se utilizaron datos de una producción de 2110 unidades a miras de elaborar un gráfico P, dividiendo la cantidad total en 21 subgrupos para obtener la representación de proporción.

- **Medición de la estabilidad del proceso –Envase**

Por medio de la Carta de control P se determina la estabilidad del proceso de envasado donde se clasificó las unidades con el criterio de “pasan o no pasan” asignado los valores de (0 y 1) respectivamente. Revisar el Anexo 5 para mejor comprensión.

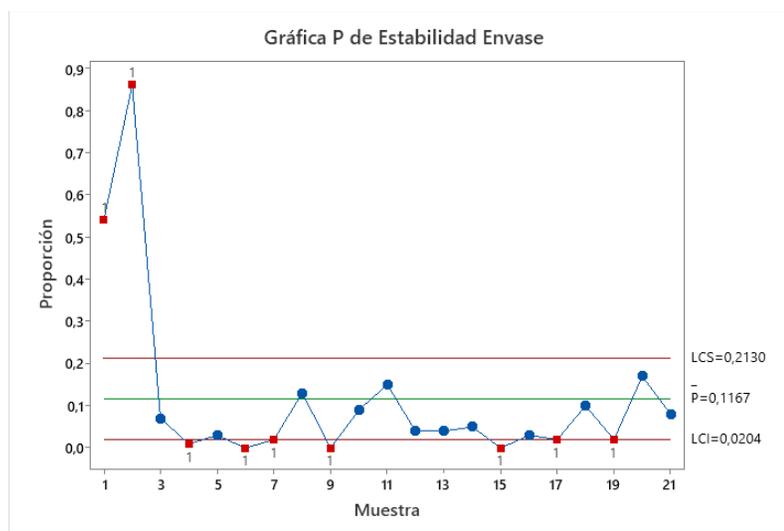


Fig. 32. Estabilidad del proceso - Peso de café

La gráfica muestra puntos fuera de los límites de control, con un patrón de **Cambios Rápidos**, en la que al comienzo presenta un aumento brusco y luego una caída rápida en la proporción de defectos, lo que puede considerarse una “explosión inicial”, esto a causa de la preparación y calibración rápida de la máquina, pero no eficiente.

De igual manera se nota un **Patrón Cíclico**, esto está ligado a la falta de precisión al momento de cortar y separar el envase de cada una de las unidades de café que están siendo envasadas.

3) FASE ANALIZAR

Para el cálculo de la capacidad que tiene el proceso se consideró al producto estrella “Café Moro 200g”, dado a que es el más demandado.

Para iniciar con el análisis, es necesario recordar las especificaciones de tolerancia, mismas que determinan si las características del producto son cumplidas.

TABLA XX
TOLERANCIAS Y OBJETIVOS DE LAS CTQ's

CTQ's	Definición	Objetivo
Peso	g	$\pm 5g$
Tamaño de partícula	μm	$350 \mu m - 900 \mu m$
Envase	Condición	Pasa o no pasa

ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS

Previo a realizar el análisis de los valores es fundamental determinar si los datos tienden a seguir una distribución normal. Ya que es necesaria para ejecutar los análisis estadísticos. Para ello se hace uso de la prueba de normalidad de Anderson Darling proporcionados por Minitab.

La prueba de normalidad menciona que para que un conjunto de datos se considerado normal, deberá tener un nivel significancia $p > 0,05$. Estableciendo así las dos hipótesis.

H_0 = Los datos siguen una distribución normal.

H_a = Los datos no siguen una distribución normal.

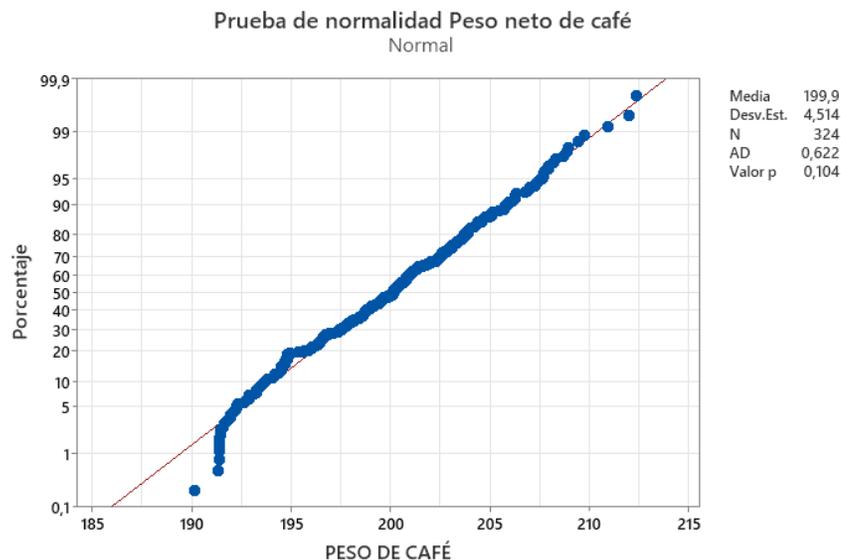


Fig. 33. Prueba de normalidad de Anderson Darling – Peso de unidades

La figura 28, muestra un valor de $p > 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y afirmamos que los valores siguen una distribución normal. Por ende, los valores pueden ser utilizados para determinar informes de capacidad.

a) *Capacidad del proceso peso de las unidades de café:*

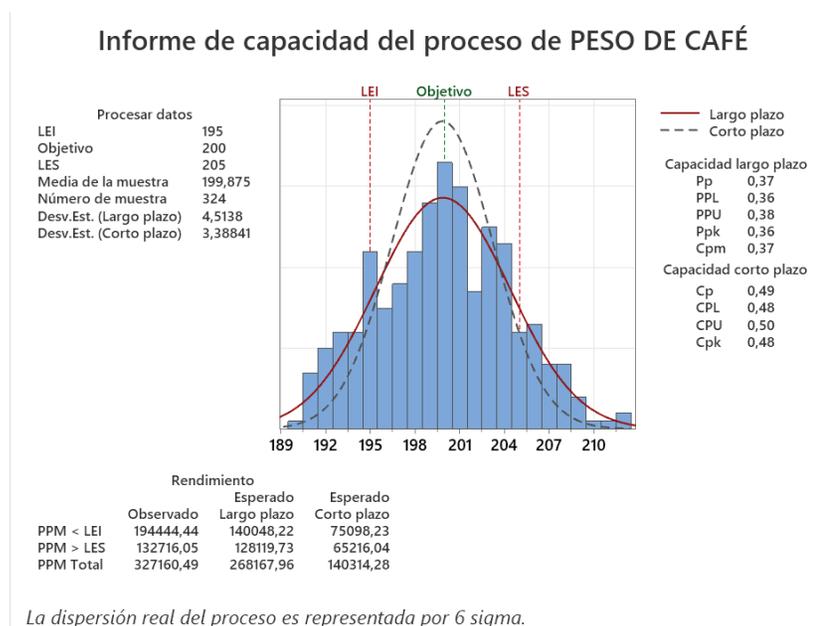


Fig. 34. Capacidad del proceso - Peso de café

Los resultados obtenidos señalan que las mediciones del producto tiene cierta variabilidad respecto a la tolerancia $\pm 0.5g$, lo que genera unidades fuera de los límites de aceptación, esto implica que se están entregando productos con mayores o menores peso del establecido, la capacidad del proceso tiene un valor de C_p de 0.49, reflejando una baja capacidad del proceso, lo que significa que no tiene la precisión para cumplir con las especificaciones de manera constante y el C_{pk} de 0.48 sugiere que el proceso no está bien centrado o manifiesta variabilidad en el peso de las unidades de café, es decir, que hay una significativa cantidad de unidades fuera de los rangos de aceptación.

- **Diagrama causa efecto – Peso de unidades envasadas**

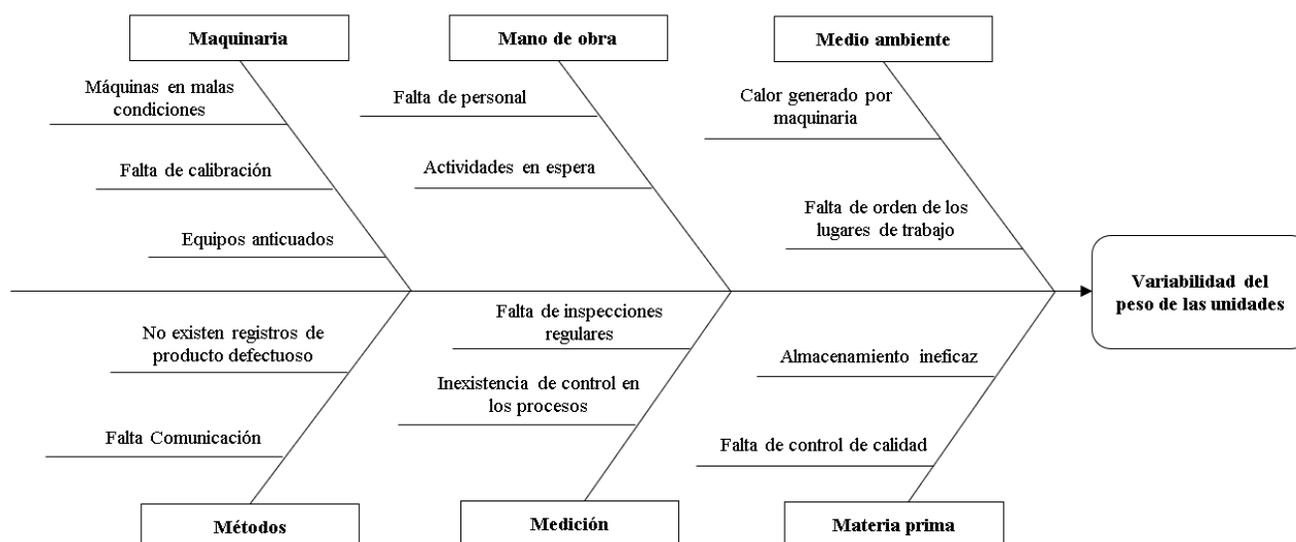


Fig. 35. Diagrama de Ishikawa – Variabilidad del peso

Maquinaria: La maquinaria con la que cuenta la empresa se encuentran en mal estado, es decir, no cuentan con un mantenimiento o calibración adecuada que permitan obtener los mejores resultados. Así también como los equipos necesarios para controlar el proceso.

Mano de obra: Los operadores no cuenta con un estricto aseguramiento de la calidad del proceso en general, debido a la falta de conocimiento y un plan de control que permitan a los operadores controlar las fases del proceso ya que están relacionadas directamente con el peso de las unidades.

Medio ambiente: Las estaciones de trabajo normalmente deben estar limpias y ordenadas antes de la jornada laboral, pero hay ocasiones en las que se olvida por completo que hay que mantener un área de trabajo ordenado, lo que retrasa las operaciones del día siguiente.

Métodos: La falta de comunicación es evidente, y los documentos donde se debería llevar un control exhaustivo del proceso no brinda demasiada información sobre el total de unidades defectuosas por cada lote producido.

Medición: Los operadores llevan sus tareas por experiencia, por esta razón, pasan por alto el uso de los equipos para estandarizar las actividades.

Materia prima: Al no tener un control de calidad sobre la materia prima, esta puede estar fuera de los rangos de aceptación para obtener un producto de primera.

Después de haber identificado las causas raíz del problema principal, en las siguientes fases se propondrán mejoras y medidas para monitorear si se están implementando los cambios a fin de mantener las mejoras aún después de su aplicación.

b) Variabilidad de granulometría del café molido

Para determinar la variación del tamaño de partícula del café se realizó una curva granulométrica enfocada en determinar el porcentaje de café pasante en cada tamiz. Es decir, que los valores usados en la construcción de la gráfica hacen referencia al tamaño de partícula (μm) expresado en gramos retenidos.

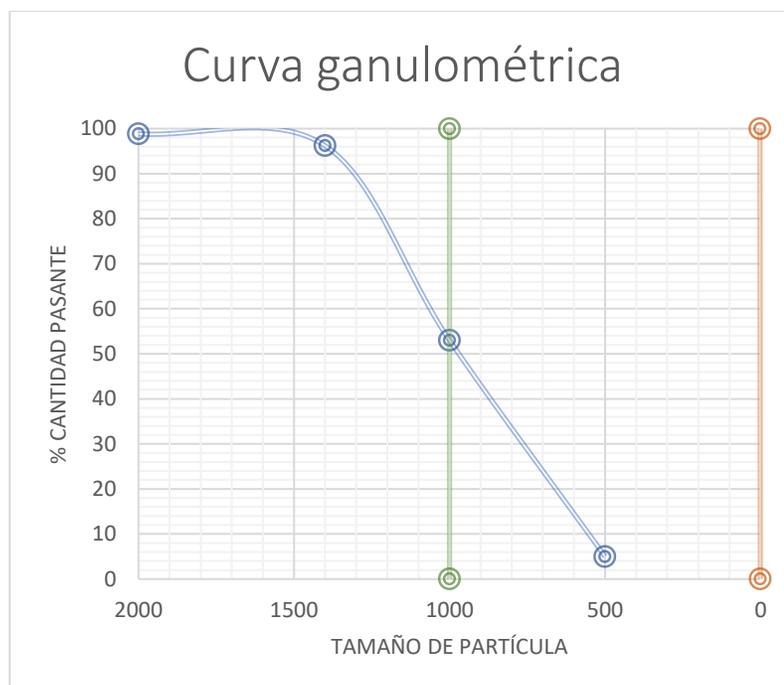


Fig. 36. Granulometría de café retenido

La gráfica muestra que existen valores fuera de los límites de aceptación de tamaño de partícula, en la que el 52,65 % corresponde a la cantidad de café dentro de los rangos de especificación. Mientras que el porcentaje restante está no cumple con lo establecido por la norma, y esto está relacionado con la molienda del grano de café.

- **5 porqués**

La granulometría del tamaño de partícula del café tiene distintos valores en cada medición, resultando en que el tamaño de partícula no se defina entre las categorías establecidas por la norma.

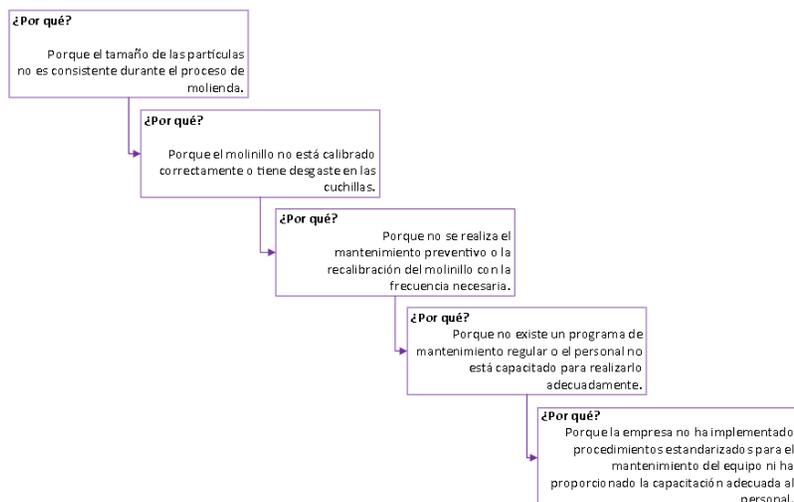


Fig. 37. 5 porqués – granulometría

Para la representación de las posibles causas por la que la granulometría varía entre partícula fina a gruesa se utilizó el análisis de 5 porqués para desglosar el problema general y tener una visión profunda sobre lo que se debe mejorar o tener en cuenta a la hora de iniciar con la fase de mejora, donde el problema está relacionado directamente con el estado de la máquina.

c) *Envasado*

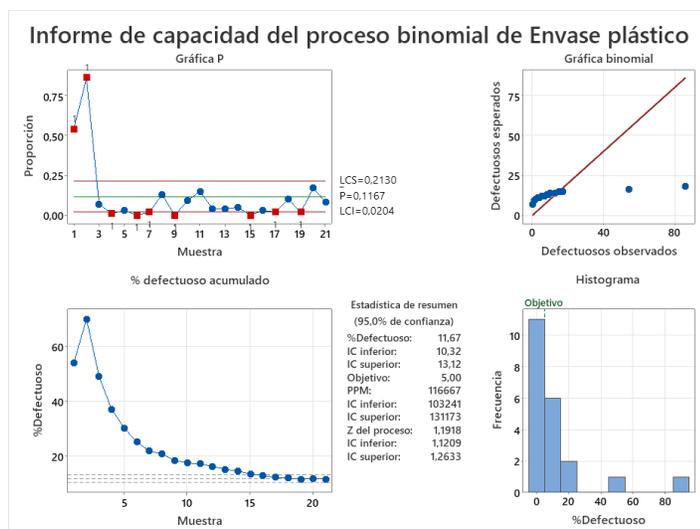


Fig. 38. Capacidad del proceso - Envase

Para verificar la capacidad del proceso de envase, se utilizó el Análisis de capacidad Binomial al tratarse de determinar el porcentaje de unidades defectuosas por envasado, en la que el porcentaje de aceptable de unidades defectuosas por envase son del 5%.

Tras el examen sobre los productos Envasado se puede decir que un 11,67 % son unidades con envases rotos o con aberturas, lo que se clasifica como unidad defectuosa, teniendo en cuenta que está relacionada con la máquina de envase. Como se mencionó en la voz del negocio interno, la pérdida de envases significa pérdidas económicas de ahí que se requiere de una mejora en función a la preparación y al estado de la maquinaria.

• **Diagrama de causa efecto - Envase plástico**

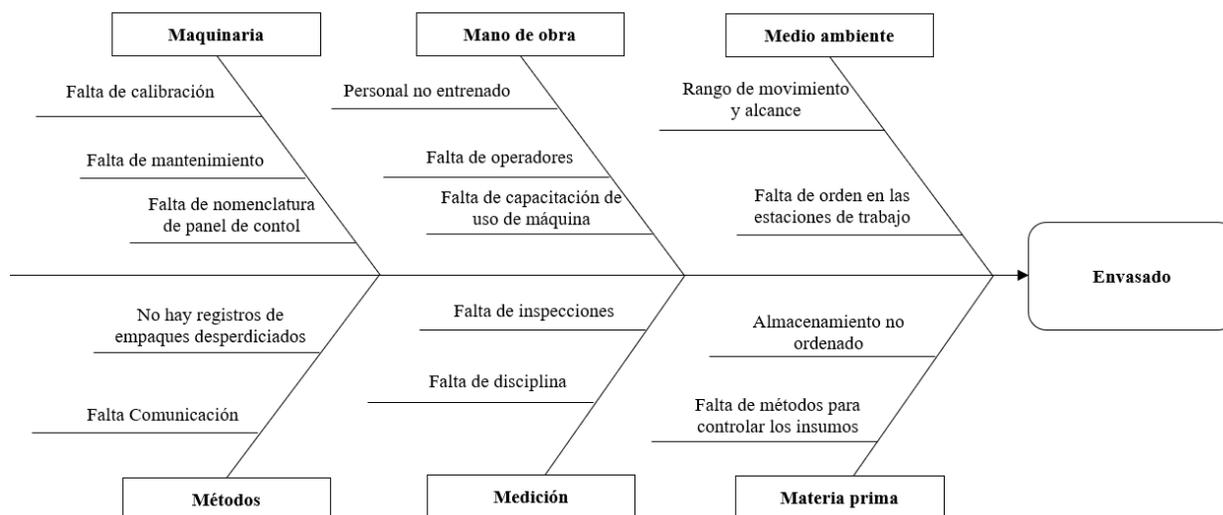


Fig. 39. Diagrama de Ishikawa – Envasado

Maquinaria: Las máquinas de envasado fallan constantemente, debido a que no existe un mantenimiento completo, haciendo que se generen unidades defectuosas y pérdida de celofán. De los tres trabajadores del área de producción solo uno conoce como funciona y ajustarla según las necesidades.

Mano de obra: La facultad de hacer uso de estas máquinas es limitada al no contar con el personal suficiente que sepa cómo utilizarlas, lo que puede significar pérdida de tiempo valioso y llevar a cabo un mal proceso de envasado.

Medio ambiente: Los operadores deben realizar movimientos incómodos que pueden causar errores. Así como la falta de un sistema claro para mantener el orden y la limpieza en las estaciones de trabajo.

Métodos: No existe un control del proceso de envasado donde se contabilicen los envases defectuosos, lo que impide identificar el problema y su acción correctiva.

Medición: No se realizan inspecciones regulares, lo que puede significar en la falta de acatamiento de normas y criterios de calidad del producto.

Materia prima: Está relacionada con la cantidad de café suministrado en cada envase.

4) *FASE MEJORAR*

En la empresa Agromoro se pudieron evidenciar que existen problemáticas que limitan el total de unidades producidas, siendo el peso de las unidades envasadas, el tamaño de partícula aceptada por una RTE y el porcentaje de defectos en unidades envasadas. Tales problemas se reflejan en unidades no vendidas generando pérdidas económicas con relación a cada lote producido.

En esta etapa de la metodología DMAIC, se van a establecer acciones que permitan mejorar los problemas mencionados en la Fase Definir, dando soluciones oportunas que permitirán controlar de mejor manera el proceso de producción de café, para lo cual se necesitará apoyo del equipo de trabajo del área de producción y la alta gerencia.

a) *Mejoras simples, con resultados notorios*

Proceso de trituración con mayor duración

Con la intención de emular un mantenimiento en la máquina de triturado, puesto que la implementación de un TPM conlleva a un mayor tiempo de ejecución, se propuso elevar el tiempo de trituración para solventar el desgaste de las fresas del molino. Tal que se logre obtener un tamaño de partícula consistente y que sea capaz de cumplir con lo establecido por la norma.

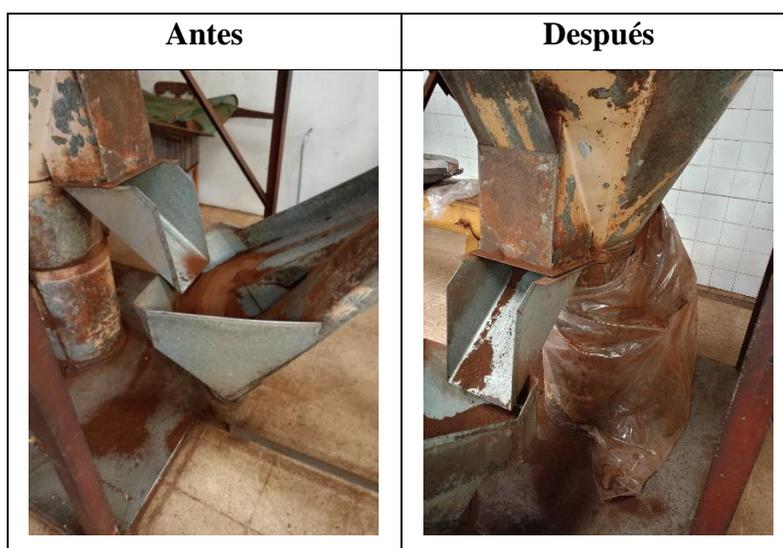
Por consiguiente, el tiempo de duración para el triturado fue de 25 minutos, debido a que normalmente el tiempo de triturado es de 15-18 minutos, y como se pudo evidenciar dentro de la fase medir, la granulometría del café llega a superar los límites de aceptación establecidos por la norma.

La granulometría del café tiene relación con el peso de las unidades envasadas ya que según el tamaño de partícula estas tienden a ocupar más densidad. Al tratarse de una máquina envasadora, esta tiende a dispensar una cierta cantidad específica de café, pero si el tamaño de las partículas cambia, la masa que cabe en ese volumen también lo hace.

Limpieza general y adaptaciones rápidas

Se realizó una limpieza de máquinas con la finalidad de asegurar un correcto funcionamiento, esto para retirar material y residuos acumulados que afectan a la eficiencia de los equipos. También se cubrió la parte donde mayor derrame de café molido había, situada entre la máquina de triturado y la de envasado, para lo cual los operadores hicieron uso de una funda plástica de empaque. A manera de detener la mayor cantidad posible de desperdicios por derrame de café.

TABLA XXI
ADAPTACIÓN MÁQUINA



Un operario encargado de activar el envío de café hacia la máquina de envasado

Puesto que las tolvas de envasado están conectadas con el sistema de transporte de café, su ausencia dentro de esta provoca que existan valores atípicos dentro de algunas unidades, por lo que los operarios deben activar de forma manual el mecanismo de transporte de café para mantener una estabilidad de las tolvas con producto necesario para realizar el proceso de envasado. Pero en ocasiones esto se ve afectado debido a que el operador encargado de revisar los pesos de las unidades envasadas tiene que activar por su cuenta el sistema de envío de café.

Para ello, un operario se encargó de activar el sistema de transporte con la finalidad de que el café sea enviado hacia la tolva receptora conforme esta iba envasando y desgastando su contenido.

Preparación y calibración de la máquina de envasado

Se calibró y preparó la máquina con anterioridad al proceso de envasado, dado los resultados determinados en la fase medir se pudo definir que el mayor problema de unidades defectuosas por envasado está en las primeras horas de producción, esto porque al inicio de arranque de la máquina esta no entra en condiciones óptimas (trabajo en frío) y genera mayor problema de envasado.

Andon – Tablero visual

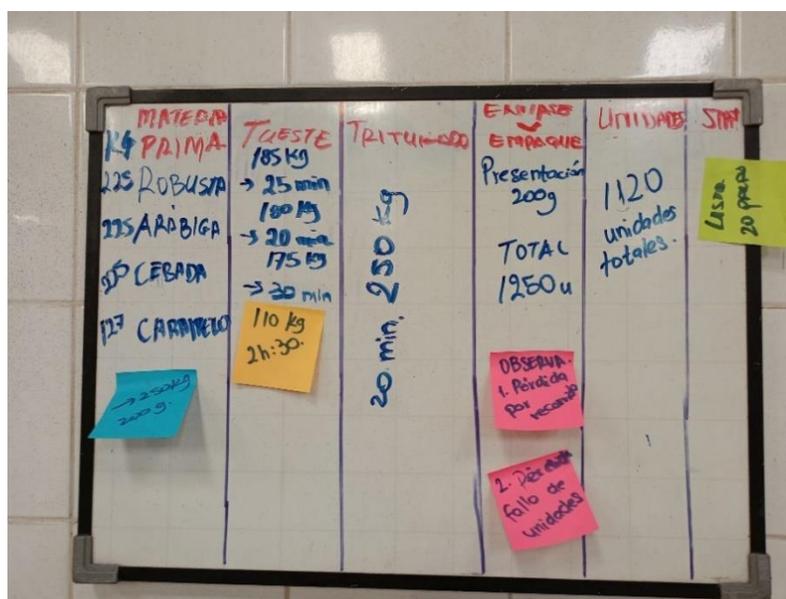


Fig. 40. Tablero - Andon con etiquetas

La implementación rápida del tablero permite a los operadores identificar problemas en tiempo real conforme a la ejecución de los procesos. Asegurando así que los defectos no pasen desapercibidos. Con esto en mente la información sobre la cantidad de unidades empacadas y las observaciones facilita la evaluación del proceso. Además, se hizo de uso de notas adhesivas como; **Azul**; para tareas en proceso, **Naranja**; para tiempos de operación, **Rosa**; para observaciones, **Verde**; para el estado del proceso, **Amarillo**; para la programación.

Este esquema visual brinda apoyo a la detección de las causas que afectan la producción y apoya al operario al momento de tomar de decisiones que optimicen los resultados.

Además, se proponen diferentes mejoras de implementación a largo plazo para mejorar y controlar el proceso de producción. Que están relacionados a hojas de control, reemplazo de accesorios y adquisición de dispositivos de medición

b) *Mejoras a largo plazo*

Hoja de información de materia prima

La intención de esta hoja de control de datos está enfocada en anotar de primera mano las características de la materia prima para luego clasificarlas según el tipo de café, humedad y cantidad, como si se tratase de un Kardex.

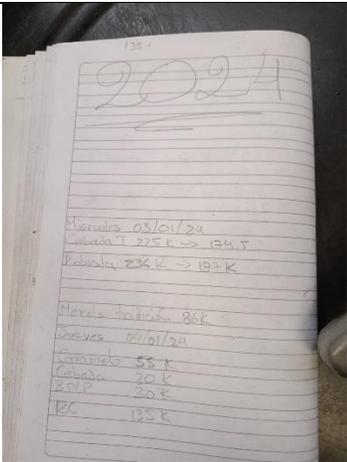


Fig. 41. Control de materia prima - Kardex

Hoja de control de producción

Debido a la inexistencia de un documento que controle el proceso de producción no se puede hacer una valoración de las cantidades. Normalmente los documentos de registro de tueste o “apuntes” son realizadas de la siguiente manera, no siendo la mejor manera a la hora de interpretar los datos por parte de las áreas administrativas que para comprenderlas deben ser explicadas por el jefe de producción.

TABLA XXII
REGISTRO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

HOJA DE CONTROL ACTUAL	HOJA DE CONTROL PROPUESTA																																																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #f2f2f2;">Hoja de control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Información general</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;">Fecha</td> <td style="width: 20%;">dd/mm/aa</td> <td style="width: 20%;">Lote</td> <td style="width: 40%;">#001</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Responsable</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">TUESTE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Peso inicial</td> <td colspan="2">Tipo de grano</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Humedad</td> <td colspan="2">Observaciones</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Peso final</td> <td colspan="2">Pergamino</td> </tr> <tr> <td colspan="2">% pérdida de peso</td> <td colspan="2">Robusta X</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tiempo de tueste</td> <td colspan="2">Bola</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Tipo de tueste</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Valor L'</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">MOLIENDA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Duración de molienda</td> <td colspan="2">Denominación de granulometría</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cantidad de entrada</td> <td colspan="2">Observaciones</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cantidad de salida</td> <td colspan="2">Extrafino</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Fino</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Mediano X</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Grueso</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">EMPAQUE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Unidades empacadas</td> <td colspan="2">Tiempo de empaque</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Unidades defectuosas</td> <td colspan="2">Observaciones</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ELABORADO POR:</td> <td colspan="2">APROBADO POR:</td> </tr> </tbody> </table>	Hoja de control				Información general				Fecha	dd/mm/aa	Lote	#001	Responsable				TUESTE				Peso inicial		Tipo de grano		Humedad		Observaciones		Peso final		Pergamino		% pérdida de peso		Robusta X		Tiempo de tueste		Bola				Tipo de tueste				Valor L'		MOLIENDA				Duración de molienda		Denominación de granulometría		Cantidad de entrada		Observaciones		Cantidad de salida		Extrafino				Fino				Mediano X				Grueso		EMPAQUE				Unidades empacadas		Tiempo de empaque		Unidades defectuosas		Observaciones		ELABORADO POR:		APROBADO POR:	
Hoja de control																																																																																													
Información general																																																																																													
Fecha	dd/mm/aa	Lote	#001																																																																																										
Responsable																																																																																													
TUESTE																																																																																													
Peso inicial		Tipo de grano																																																																																											
Humedad		Observaciones																																																																																											
Peso final		Pergamino																																																																																											
% pérdida de peso		Robusta X																																																																																											
Tiempo de tueste		Bola																																																																																											
		Tipo de tueste																																																																																											
		Valor L'																																																																																											
MOLIENDA																																																																																													
Duración de molienda		Denominación de granulometría																																																																																											
Cantidad de entrada		Observaciones																																																																																											
Cantidad de salida		Extrafino																																																																																											
		Fino																																																																																											
		Mediano X																																																																																											
		Grueso																																																																																											
EMPAQUE																																																																																													
Unidades empacadas		Tiempo de empaque																																																																																											
Unidades defectuosas		Observaciones																																																																																											
ELABORADO POR:		APROBADO POR:																																																																																											

El Anexo 6, se encuentran las características de la hoja de control del proceso de producción propuesta.

Registro de especificaciones

La Tabla XXIII, propone un modelo de hoja de control para la empresa, con el contenido de registro de datos del producto que se va a examinar, así mismo los detalles generales sobre esta.

TABLA XXIII
LISTA DE ESPECIFICACIONES Y CUMPLIMIENTO

Producto	CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO					
	Subproceso	Condiciones actuales		Norma de referencia	Cumple	
Actividad		Descripción	Si		No	
TRITURADO	Trituración de granos de café	Los granos de café son molidos para obtener una partícula de acuerdo con las especificaciones	NTE INEN 1123			La empresa debe definir el tamaño de partícula de su producto
		La partícula de café debe ser consistente			La empresa debe realizar pruebas de granulometría	
ENVASE	Uso de material laminado	El material es de polipropileno que no altera las características del producto envasado	NTE INEN 1123			El proveedor de laminado debe usar los materiales apropiados, sino serán devueltos
		El material debe ser nuevo y presentar condiciones sanitarias adecuadas				El manejo debe ser cuidadoso y dar limpieza a los equipos de envasado
		Capacidad de proteger el producto de la hidratación correspondiente a la absorción de humedad externa				Las zonas de almacenamiento de laminado deben estar libres de agentes que pongan en riesgo el material
	Llenar el envase con producto	Según el tipo de presentación, la cantidad real debe reflejar la cantidad con exactitud o según las tolerancias establecidas	INEN OIML R 79			Si exceden las tolerancias, determinar las causas y controlar el subproceso

Adquisición de un colorímetro CR-410C HS-C



Fig. 42 Café tostado

Como se mencionó en las fases anteriores la variabilidad de las unidades es uno de los problemas que se deben solucionar. Además de otras características la variabilidad del peso también se ve influido por el tipo de tueste del café, la razón es que el tueste determina el peso del tamaño del grano por la humedad retenida.

TABLA XXIV
COLORÍMETRO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN 1		
Nombre	CR-410C HS-C	 https://www.aquateknica.com/wp-content/uploads/2023/06/CR-400_410_ESP.pdf
Tipo de medición	L* (Cielab)	
Características	Área de medición	Ø50 mm
	Tipo de detector	Fotocélulas de silicio
	Tiempo de medición	1 segundo
	Mínimo intervalo de medición	3 segundos
	Duración de pilas	Aproximadamente 800 mediciones
Objetivo	Medir el grado de tueste durante el tueste de la materia prima con la finalidad de controlar el tueste de café.	

El instrumento permitirá mantener un grado de tueste uniforme en cada lote de producción, asegurando la calidad de producto a la par de que permitirá la reducción de variabilidad en el proceso de envasado.

Uso de etiquetas visuales

Además del uso de etiquetas establecidas en el sistema Andon, las etiquetas de mantenimiento y calibración son herramientas fundamentales para el proceso productivo debido a que el uso adecuado de estas pueden significar un cambio importante en la calidad del producto y la seguridad en las áreas de trabajo.

CALIBRATION	
BY _____	DATE _____
NEXT CAL. DUE _____	
INSTRUMENT # _____	

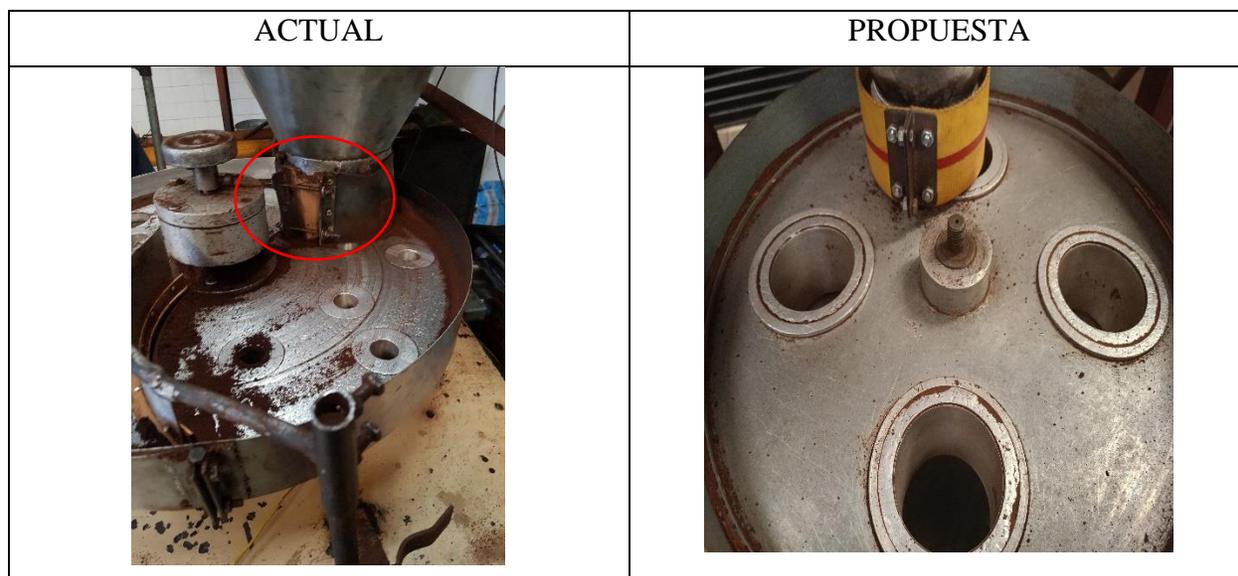
PREVENTIVE MAINTENANCE	
BY _____	DATE _____
NEXT CHECK DATE _____	

Fig. 43. Etiquetas de mantenimiento y calibración

Estas etiquetas son útiles para indicar la fecha, el estado de la calibración/mantenimiento, y su próximo revisión con la finalidad de mantener los equipos de trabajo en buen estado de funcionamiento durante el proceso de producción.

Reemplazo de componentes

TABLA XXV
BANDA RECUBRIDORA DE TOLVA DE CAFÉ



En la imagen se puede apreciar que las bandas tienen la función de enviar el café hacia los dosificadores que posteriormente caerán en los envases de café, sin embargo, en primera imagen se aprecia que se tiene una adaptación con cartón, lo que impide que el café sea enviado correctamente hacia su destino provocando que se envíe más o menos café de lo esperado.

Adquisición de máquina tamizadora y tamices

Para la verificación de que el tamaño de partícula sea uniforme basta con emplear los tamices de acuerdo con la medida en μm definidos en la Tabla XXVI. Esta estructura consta de la ubicación de los tamices de manera vertical partiendo desde el que tiene mayor de espesor en micras hasta el menor. Este instrumento busca separar los diferentes espesores y clasificarlos según el tamaño de la partícula de café a fin determinar si se encuentran en los rangos establecidos.

TABLA XXVI
TAMICES Y TAMIZADORA ELÉCTRICA PARA MEDICIÓN

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN 2			
Tamizadora eléctrica			
Características	Capacidad	7-10 tamices	 https://rcingtec.com/product/tamizadora-electrica/
	Dimensiones	Ancho: 350 mm Largo: 450 mm Alto: 960 mm	
	Sistema eléctrico	110 voltios Motor de 60Hz	
	Temporizador	Hasta 30 minutos	
Tamices			
Denominación	Cálculo de tamaño de partícula		 https://lavallab.com/es/products/tamizadores-zarandas-tamices/astm-8-pulgadas/
Extrafino	350 μm		
Fino	500 μm		
Mediano	700 μm		
Grueso	900 μm		
Objetivo	Medir la granulometría de café molido para mantener controlado la definición del tipo de partícula		

A fin de mantener un control sobre lo que dicta la norma es requerido usar un instrumento para medición de tamaño de partículas, sin embargo, los precios para adquirir uno de estos puede variar según el número de tamiz μm . Actualmente existen otros dispositivos electrónicos sofisticados pero el precio también es alto. Así que este método sería el más económico para la empresa.

Kaizen

Proyecto: Kaizen de limpieza de área de producción

Objetivo: Mejorar el rendimiento del molino mediante un Kaizen de limpieza, determinado a la reducción de pérdidas de café por derrames y mejora de la consistencia de la molienda.

Equipo de trabajo:

- Jefe de producción
- Operadores
- Coordinador de Kaizen

Alcance: Esta metodología abarca el sistema productivo desde el proceso de molienda hasta el envasado dado que tienen mayor repercusión al final del proceso, reflejando resultados en pérdida de café y material laminado (envase plástico).

Análisis: Tras haber realizado las pruebas de granulometría, y determinar que la consistencia del grano es irregular a causa del estado físico de la máquina. Se procede a realizar un Kaizen que apoye a través de la limpieza a incrementar la eficiencia del molino tras retirar material acumulado y solidificado.

Preparación: En base a la limpieza y con el apoyo de los trabajadores se crea una planificación de limpieza profunda e inspección general para programar tareas de limpieza rutinaria y preventiva de acuerdo con las necesidades. Para realizar este tipo de Kaizen se establecen los métodos y materiales necesarios para limpieza de las máquinas.

Zona	Instrumento de limpieza	Método de limpieza	Imagen
Molino	Cepillo con cerdas de acero Aire comprimido Escoba Pala	Cepillar y retirar material sólido	
Silos y Tolvas	Aire comprimido	Espirar y recoger polvo	
Envasado	Aire comprimido Brocha Escoba	Espirar y recoger polvo	

Programación: La implementación de un programa de limpieza es fundamental para elevar la eficiencia de las máquinas, reduciendo desperdicio de recursos y garantizar el cumplimiento de la norma establecida. Para ello se establecieron las actividades a realizar por cada máquina involucrada.

N°	Actividad	Área	Frecuencia	Inicio	Ejecución	Indicador	Responsable	Objetivo	Nivel de acción
1	Limpieza de molino	Producción/ Molienda	Mensual	---	---	Cantidad de residuos visibles (kg)	Jefe de producción	Evitar la acumulación de residuos y material solidificado	2
2	Limpieza de ductos de alimentación de café (Silo)	Producción	Mensual	---	---	Cantidad de residuos acumulados (kg)	Jefe de producción/ Operario	T t de que no hay obstrucción en el flujo de café	2
3	Limpieza de tolvas y dosificadores de café	Producción	Cada lote	---	---	Residuos de café (g)	Operario	Prevenir derrames de café por material acumulado	1
4	Limpieza de ductos de envío de café (sin fin)	Producción	Semanal	---	---	Cantidad de residuos acumulados (kg)	Operario	Asegurar de que no hay obstrucción en el flujo de café	3

Monitoreo y mejora continua:

Indicador	Ecuación	Objetivos
Porcentaje de material acumulado	$\frac{\text{Peso material acumulado}}{\text{Peso total del proceso}} \times 100$	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar cuánto material se desperdicia durante el proceso. - Anticipar fallos y evitar reparaciones costosas
Porcentaje de material derramado	$\frac{\text{Peso material derramado}}{\text{Peso total del proceso}} \times 100$	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular la cantidad desperdiciada en número de unidades no vendidas
Porcentaje de material retenido (tamiz)	$\frac{\text{Peso retenido tamiz 900}}{\text{Muestra 200g}} \times 100$	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el cumplimiento de tamaño de partícula según la normativa legal.

Plan de seguimiento:

Ítem	Responsable	Actividad	Cumple		Observaciones
			Si	No	
Programa de limpieza	Jefe de producción	Se ejecutan las actividades de limpieza programadas a tiempo			
Monitoreo y mejora continua	Jefe de producción	Existe control y se hace uso de los indicadores respectivos			

TPM

El uso de esta herramienta busca maximizar la eficiencia de las maquinas /equipos lo que significa mejorar la productividad del área de producción. Por esta razón se decidió implementar cabo un plan de mantenimiento para incorporar TPM en la fábrica. A continuación, se enlistan los equipos de trabajo.

TABLA XXVII
MAQUINARIA DE AGROMORO

EQUIPOS		
Máquina	Cantidad	Código
Tostadora	1	MT.01
Molino	1	MM.01
Empacadora automática	2	ME.01
		ME.02
Codificadora	1	MC.01
Banda transportadora	1	MB.01

Con miras a realizar un Mantenimiento Productivo Total en la zona de producción de la fábrica, se tiene en cuenta a la maquinaria a disposición de la empresa, mismos que intervienen en el proceso de elaboración de café tostado y molido.

La propuesta de la aplicación de un programa de TPM está relacionada a mejorar la funcionalidad de las máquinas que tienen mayor problema durante las actividades de producción, mediante de la creación de programas de mantenimiento, dando como resultado la reducción de pérdidas económicas generadas por un equipo en malas condiciones que afectan al producto final.

A fin de conocer el estado actual de las máquinas del área de producción se hizo un diagnóstico inicial observando minuciosamente aspectos que pueden acarrear averías o incluso paro de producción.

TABLA XXVIII
DIAGNÓSTICO DE LAS MÁQUINAS

Equipo	Código	Diagnóstico
Tostadora	MT.01	No existen fallas ni problemas al momento
Molino	MM.01	<ul style="list-style-type: none"> - Existen fugas - Vía de transporte (no bien selladas) - No es visible las funciones de la caja de botones - Algunos filos de la fresa de molino desgastada - Filos desafilados/desgastadas
Empacadora de café	ME.01	<ul style="list-style-type: none"> - Caja de controles sin nomenclatura - No hay banda recubridora - Cuchillas desafiladas/desgastadas
Empacadora de café	ME.02	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de celofán al principio del uso de la máquina (falta calibración)
Codificadora	MC.01	No existen fallas ni problemas al momento
Banda transportadora	MB.01	No existen fallas ni problemas al momento

En la Tabla XXIX, se describe el tipo de mantenimiento a aplicar para cada máquina según la importancia que tiene en la industria y acorde al diagnóstico realizado previamente.

TABLA XXIX
TIPOS DE MANTENIMIENTO

Equipo	Código	Tipo de mantenimiento
Tostadora	MT.01	Mantenimiento preventivo
Molino	MM.01	Mantenimiento correctivo y preventivo
Empacadora de café	ME.01	Mantenimiento correctivo y preventivo
	ME.02	
Codificadora	MC.01	Mantenimiento preventivo
Banda transportadora	MB.01	Mantenimiento preventivo

Mantenimiento preventivo:

Tiene como objetivo de minimizar la cantidad de paradas (máquinas) durante la ejecución de las actividades laborales a través de mantenimientos planificados a fin de garantizar que el producto sea procesado con la mayor eficiencia para asegurar productos en buen estado. Esto implica lo siguiente:

- Revisiones periódicas
- Limpieza y preparación
- Reparación y cambios planificados

Para una visualización más detallada sobre este tipo de mantenimiento solicita revisar la ficha de mantenimiento preventivo que se contempla en los Anexos 7, 8, 9 y 10.

TABLA XXX
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Equipo	Código	Responsable	Periodo	Actividad	Duración
Tostadora	MT.01	Operario de la máquina	Semanal	Revisión general de la máquina	60 minutos
			Mensual	Limpieza	
Molino	MM.01	Operario de la máquina	Semanal	Revisión y mantenimiento de las fresas de molino	90 minutos
			Mensual	Limpieza de los conductos	
			Trimestral	Revisión del panel de control	
			Anual	Calibración y ajuste del motor	
Empacadora	ME.01	Operario de la máquina	Semanal	Revisión del sistema eléctrico	60 minutos
			Mensual	Revisión del filo de las cuchillas	
			Trimestral	Calibración del panel de control	
Codificadora	MC.01	Operario de la máquina	Anual	Revisión de las bandas recubridoras	15 minutos
			Mensual	Revisión de funcionamiento	
			Trimestral	Reposición de tinta	
Banda transportadora	MB.01	Operario de la máquina	Anual	Ajuste de sensores	15 minutos
			Mensual	Lubricación de rodamientos	
			Trimestral	Chequeo de motor	
			Anual		

Mantenimiento correctivo:

Se basa en dar reparación a la avería en el momento exacto en que se origina, con el propósito de reparar la falla en el menor tiempo posible. Ya sea cuando se presenta una reparación de emergencia donde se debe sustituir los componentes averiados o enfocado en la eliminación de la causa que generalmente conduce a una la avería.

De igual forma es necesario revisar la ficha de mantenimiento correctivo del Anexo 11.

TABLA XXXI
ACTIVIDADES MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Equipo	Código	Causa	Responsable	Actividad	Tiempo
Empacadoras	ME.01	Pérdida de café por derrame	Operador de la máquina	Reemplazo de bandas	30 minutos
	ME.02	Inconsistencia del peso de las unidades		recubridoras de las tolvas	
Molino	MM.01	Pérdida de café por el estado del molino	Operador de la máquina	Reemplazo de dosificadores	60 minutos
				Sellar la estructura de grietas	
				Reemplazo de componentes	

Si bien estos dos tipos de mantenimiento asegurarán maximizar la eficiencia de las máquinas, es necesario de un cronograma con tiempos de cuando se debe realizar el mantenimiento, para ello revisar el Anexo 12, donde se describe el tipo de mantenimiento y las fechas a realizarse.

Lista de verificación de las mejoras implementadas

A miras de controlar las propuestas a implementarse en la instalación se hará uso de un Check list donde se llevará información sobre el cumplimiento de los pasos para la obtención de un producto de calidad. La persona encargada de llenar los espacios de esta hoja de verificación es el encargado de la producción que notificará a la alta gerencia en casos necesarios. El Anexo 13 muestra un formato de Check a utilizarse.

Plan de capacitación

En esta sección se abordarán temas sobre Lean Six Sigma, Kaizen, Gráficas de control y TPM para capacitar al personal de la empresa, para tener competencias, crear destrezas y habilidades. Donde se explicarán los temarios a tratar con duración de un mes.

En el Anexo 14, se encuentran los módulos respectivos al cronograma de capacitación, donde se indican las fechas, así como el horario en que se abordarán cada uno de los tópicos propuestos por el Plan de Capacitación.

Plan de control

Se ha diseñado un plan de control de la producción donde se detallan las características que requieren medición, así como los requisitos que deben cumplir para tener un proceso controlado y que permita la mejora continua.

El Anexo 15 muestra el plan de control que se llevará en la empresa a fin de comprender las características que deben ser controlados a fin de alcanzar una producción de calidad.

5) FASE CONTROLAR

Durante esta fase se estudiará el comportamiento de las gráficas de control una vez fueron realizadas las mejoras rápidas y determinar un cambio en los patrones durante las nuevas mediciones.

a) Estabilidad del proceso – Mejoras rápidas:

Gráfica de Control X–R Peso neto de las unidades

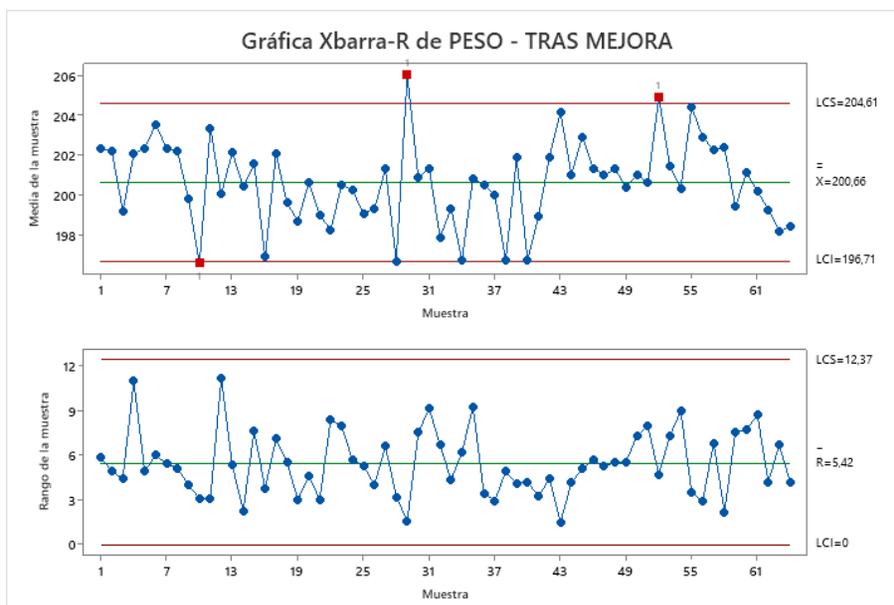


Fig. 44. Estabilidad del proceso - Peso de unidades tras mejoras

Gráfica de media – Granulometría en tamices

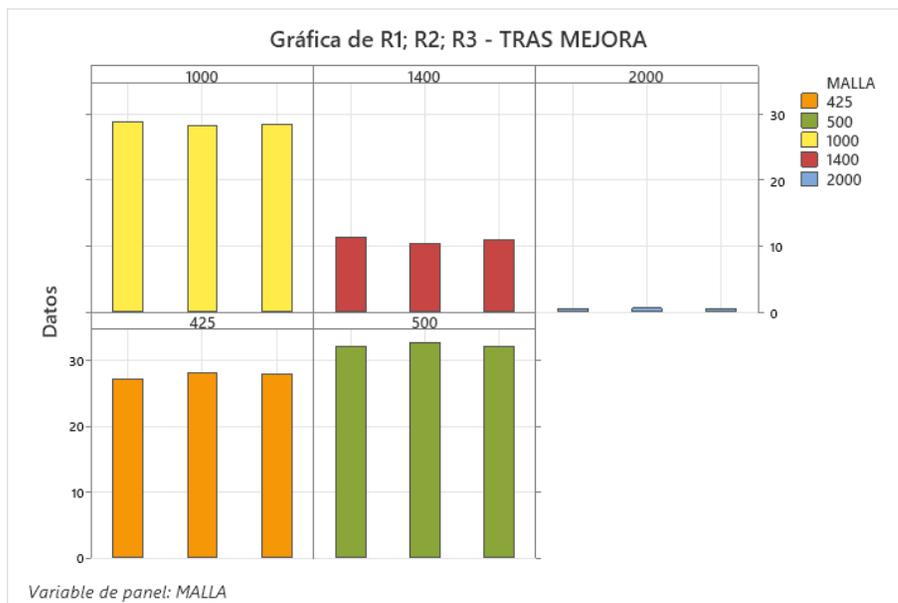


Fig. 45. Estabilidad de la granulometría - Tras mejoras

Gráfica de control de atributos – Envasado

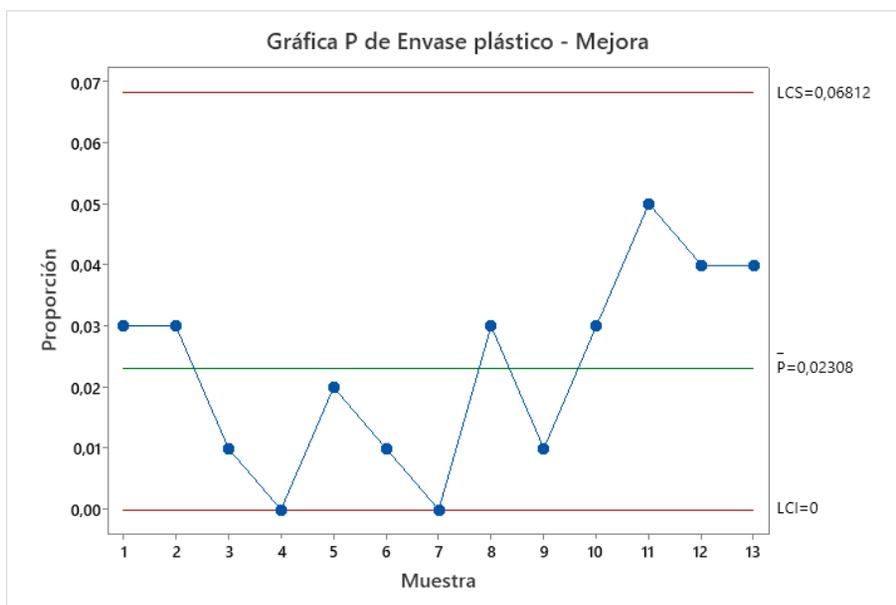


Fig. 46. Estabilidad del proceso - Envase tras mejoras

La estabilidad del peso de las unidades tuvo un mayor control, disminuyendo la cantidad de datos que exceden los límites de especificación, estos valores atípicos ocurrieron por razones al corte de

energía, no está bajo control aún, pero conforme se vayan implementando las aplicaciones propuestas se verán mejores resultados.

La nueva medición de datos sobre granulometría utilizó 300 gramos de café con los mismos tamaños de tamices en μm , realizados en tres partes iguales. Tras el aumento del tiempo de trituración del café el porcentaje el tamaño de partícula que está por encima de lo establecido a la norma es de 39,98 %, por lo que se puede decir que aumentó la consistencia del tamaño de partícula de café ya que previamente se contaba con un 47,35% inicial. Para revisar los datos ver el Anexo 17.

Por último, la gráfica P muestra una mejora en la que no existen patrones de **Cambios rápidos**, donde en la primera medición se reflejaba un aumento brusco de la cantidad de unidades defectuosas. Pero si patrones **Cíclicos** esto aún se debe a pequeños errores durante la producción.

b) *Capacidad del proceso – Mejoras rápidas:*

Por último, se muestra un antes vs después del análisis de capacidad del proceso después de haber implementado mejoras rápidas, pero que tienen cambios notorios dentro del sistema de producción.

TABLA XXXII
CAPACIDAD DEL PROCESO ANTES VS DESPUÉS – PESO DE CAFÉ

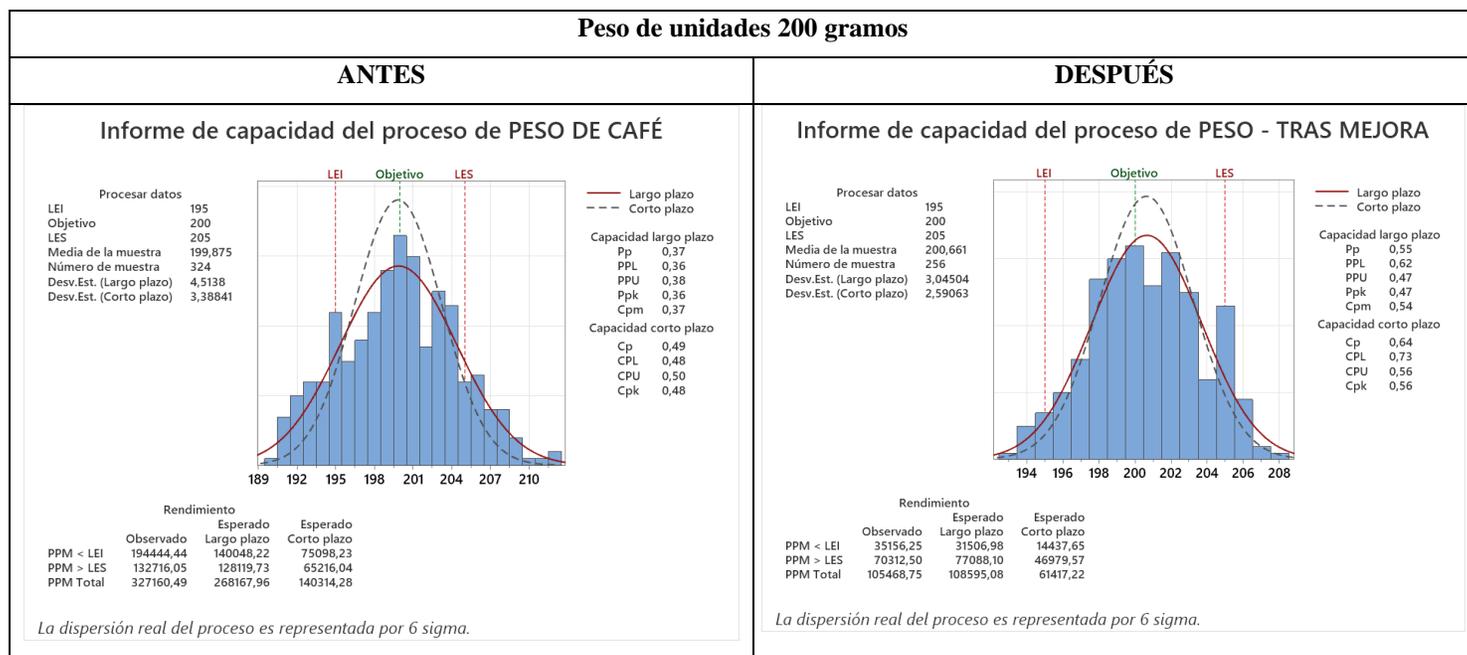


TABLA XXXIII
CURVA GRANULOMÉTRICA ANTES VS DESPUÉS

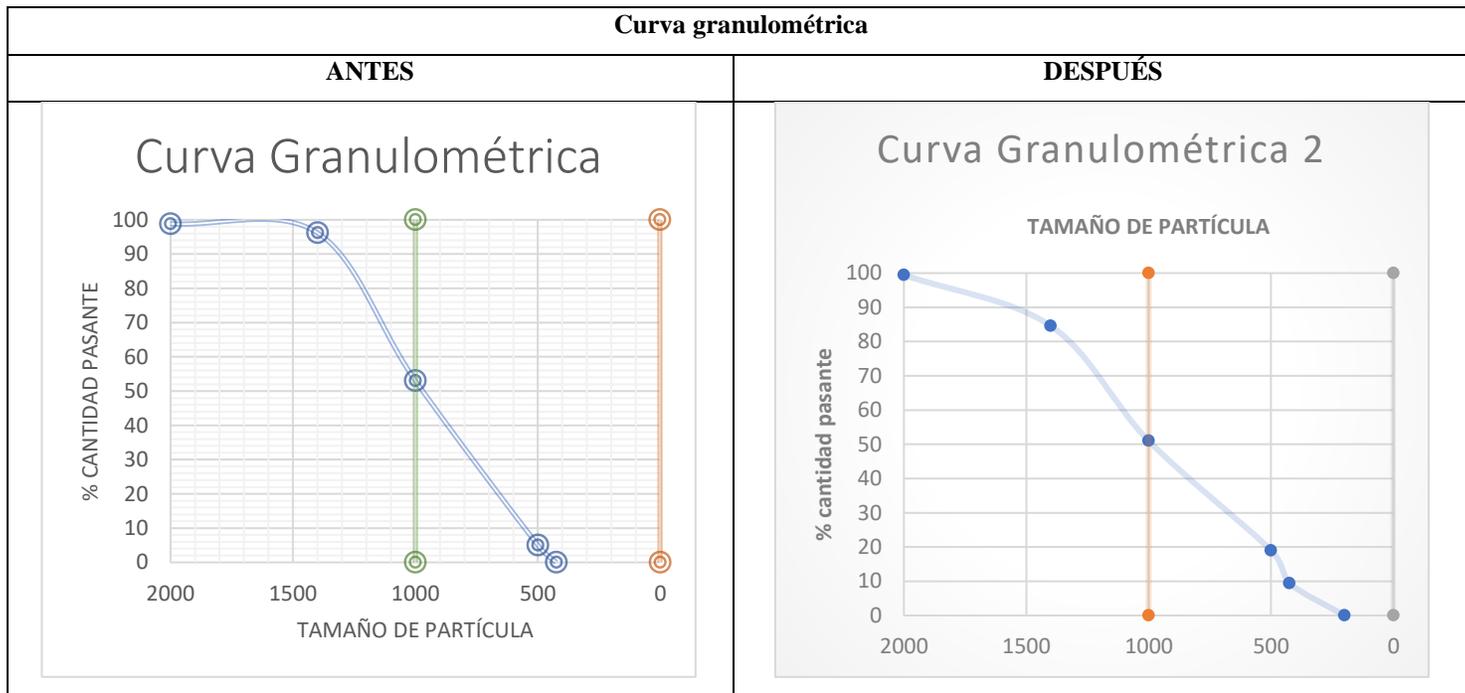
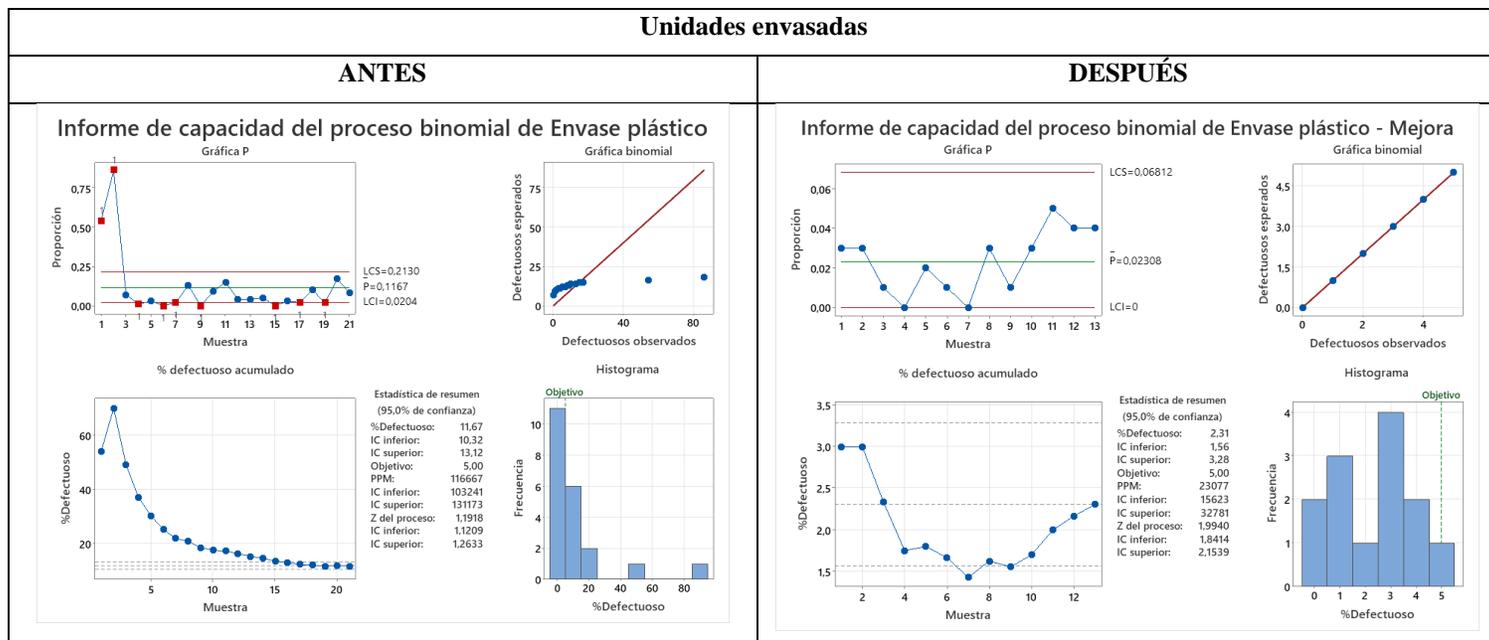


TABLA XXXIV
CAPACIDAD DEL PROCESO ANTES VS DEPUÉS - ENVASE



La Tabla XXXV muestra un resumen y comparación del informe de capacidad del proceso al inicio y después de ejecutar mejoras rápidas. Concluyendo que con cambios sencillos se pudo aumentar la capacidad del proceso, por consiguiente, una vez implementados los cambios propuestos se va a tener un mayor control del proceso y alcanzar un nivel sigma considerable.

TABLA XXXV
RESUMEN DE CAMBIOS

CTQ's	Métrica	Antes	Después
	Cp	0.49	0.64
Peso de unidades	Cpk	0.43	0.56
	PPM	140314.28	105135.26
Tamaño de partícula	% fuera de especificaciones	47,35%	39,98 %
Envase	% Defectuosos	11.67%	2.31%
	PPM	116667	23077

c) *Voz del negocio – Mejoras rápidas:*

TABLA XXXVI
ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN – TRAS MEJORAS

Tipo de MP	Fecha de producción	Materia prima en kilogramos	Unidades esperadas	Unidades producidas	Déficit en kilogramos
Café tostado y molido	08/10/2024	250 kg	1250 unidades	1120 unidades	26 kg
Celofán/envases	08/10/2024	2,24 kg	1120 envases	1157 envases utilizados	2,78 kg

Productividad del proceso

Unidades empaçadas convertidas a gramos

$$1120 \text{ unidades} \times 200 \text{ g} \cong 224000 \text{ g}$$

Transformadas a kg

$$197600 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cong 224 \text{ kg}$$

Indicador de productividad

$$\text{Productividad: } \frac{\text{Peso envasado}}{\text{Peso material utilizado}}$$

$$\text{Productividad: } \frac{224 \text{ kg}}{250 \text{ kg}} \cong 0.8906$$

$$\text{Productividad: } 89,06 \%$$

Rendimiento de cada subproceso

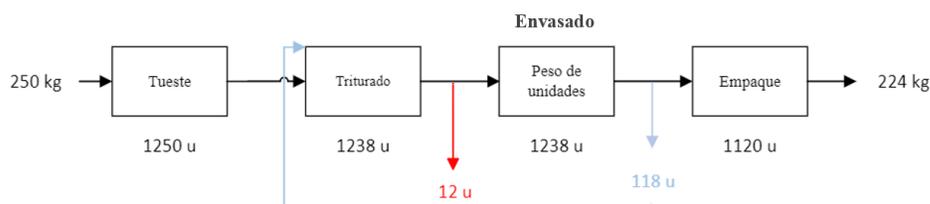


Fig. 47. Rendimiento del proceso - Tras mejoras

TABLA XXXVII
PÉRDIDA POR UNIDADES DE CAFÉ DESPERDICIASAS

Fecha	Déficit en kilogramos	Unidades totales	Valor unitario	Total, pérdida
04/01/2024	2,36 kg	12 unidades	\$ 1,90	\$ 22,80

TABLA XXXVIII
PÉRDIDA POR UNIDADES DE ENVASES DESPERDICIASOS

Fecha	Exceso de envase en kg	Unidades excedentes	Valor unitario	Total, pérdida
04/01/2024	0,54 kg	27	\$ 0,10	\$ 2,70

d) Costo de implementación:

Este apartado consta de los gastos de inversión por cada propuesta de mejora, donde se muestran los precios de los instrumentos de medición, capacitaciones, y elementos que van de la mano con las mejoras debido a que servirán para el control del procesos e incrementar la productividad.

TABLA XXXIX
INVERSIÓN DE LAS MEJORAS

Ítem	Cantidad	Precio	Total
Colorímetro	1	\$ 1200,00	\$ 1200,00
Tamices	4	\$ 95,00	\$ 380,00
Tamizadora eléctrica	1	\$ 990,00	\$ 990,00
Tablero	1	\$ 2,25	\$ 2,25
Resma de papel	1	\$ 1,75	\$ 1,75
Bolígrafo	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Banda recubridora	2	\$ 25,00	\$ 50,00
TOTAL			\$ 2625,5

TABLA XL
INVERSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN TPM

Implementación TPM					
Elementos tangibles					
Objeto	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Cuchillas	Reponer cuchillas de las empacadoras	Unidad	2	\$ 5,16	\$ 10,32
Etiquetas de mantenimiento o calibración	Etiquetar mantenimientos realizados y por hacer	Paquete	200	\$ 9,99	\$ 9,99
Electrodos 6010	Rellenar agujeros de la estructura de la tolva	Kilo	1	\$ 2,15	\$ 2,15
Lija	Eliminar desperfectos antes de la pintura	Unidad	4	\$ 0,65	\$ 2,60
Pintura	Para pintar la estructura de las máquinas	Unidad	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Brocha	Pintar	Unidad	2	\$ 3,00	\$ 6,00
Especialista					
Capacitación	Pasante de ingeniería industrial		1	\$ 120,00	\$ 120,00
TOTAL					\$ 163,66

De igual manera para la implementación de TPM se necesita un aproximado de \$ 163,66 entre elementos tangibles y la capacitación.

Inversión total del proyecto

Inversión propuesta	
Inversión de las Mejoras	\$ 2625,50
Inversión Implementación TPM	\$ 163,66
TOTAL	\$ 2798,16

Para concluir, se necesita de una inversión inicial para la aplicación de la metodología Lean Six Sigma en conjunto a cada una de las herramientas pertinentes que brindarán mejoras en el proceso productivo para la fabricación de café tostado y molido, en resumen, la empresa necesita de un total de \$ 2798,16 para ejecutar este proyecto sin contar con la adición de los equipos.

Sin embargo, no todos son gastos. Como bien se dice que esto es una inversión, las mejoras traerán mejores resultados a la empresa donde se eviten los desperdicios por unidades defectuosas a la vez de asegurar la calidad de sus productos.

e) *Análisis económico:*

TABLA XLI
AHORRO POR REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS

Recurso	Pérdida por lote (250 kg)		Ahorro
	Antes	Después	
Café	\$ 79,80	\$ 22,80	\$ 57,00
Celofán (envase plástico)	\$ 7,00	\$ 2,70	\$ 4,30

El ahorro tras el nuevo análisis de la voz del negocio es de \$ 57,00 en café molido y un total de \$ 4,30 para el envase plástico. Dando un total de \$ 61,30, evidenciando que con mejoras rápidas se logró reducir los costos de producción, Sin embargo, se puede lograr minimizar aún más los costos realizando las implementaciones a largo plazo que además de mejorar el proceso se prevé acatar con los parámetros establecidos en la normativa legal.

B. *Discusión*

El artículo de Buestán, sobre la aplicación de la metodología Seis Sigma para la reducción por pérdida de café a granel en una planta de envasado [53], determina la sobredosificación de café como el principal problema. Este hecho identificado como consecuencia del peso específico y el nivel de vacío en la máquina envasadora determina que el café es una variable que debido a su complejidad existe una alta variabilidad en los resultados obtenidos por lote. Estos hallazgos indican la necesidad de controlar las características físicas del café ya que estas influyen directamente en la eficiencia y precisión del proceso.

La investigación de Escobar es un caso de estudio para la solución de problemas de la calidad conforme con el envasado de café molido [54]. Parte del problema radica en la entrega de productos con mayor cantidad de café lo que resulta en pérdidas económicas por sobrellenado, aumentado los costos de materia prima, mientras que los productos con menores cantidades al peso que marca el empaque afectan la percepción de calidad por parte de sus consumidores.

En el contexto con mi investigación, la variabilidad del peso de las unidades finales están centradas con la granulometría del café aportando un valor adicional a la industria cafetera al abordar una característica fundamental para el control de la calidad del producto. La granulometría, que mide la distribución del tamaño de la partícula de café tras el subproceso triturado, no solo afecta a la consistencia del producto (peso final), sino que también en etapas posteriores, como la extracción del café. Ya que una distribución granulométrica uniforme aporta a una mayor homogeneidad en el peso, reduciendo la variabilidad y el costo asociado a un producto con sobrepeso de envasado, lo que se evidencia en los índices de capacidad del peso. Por último, la relación que existe entre el peso y la granulometría del café puede optimizar los procesos industriales como el envasado. Pues un café con tamaño de partícula uniforme genera un peso específico predecible, lo que facilita a los ajustes de los niveles de vacío de las máquinas envasadoras. Además, en la aplicación del proyecto, para determinar la calidad de café se hizo el uso de la Norma RTE INEN 1123 en la que se especifican cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas que debe cumplir el producto antes de su venta en el mercado. Esta norma se encarga de regular y controlar las normas técnicas para diferentes tipos de productos a fin de garantizar la calidad y seguridad de los bienes comercializados. Bajo este criterio asegurar la calidad del producto va más allá que solo determinar las cantidades correctas de café envasado.

CONCLUSIONES

- La recopilación de fuentes bibliográficas facilitó el desarrollo de un marco teórico sólido, proporcionando bases fundamentales sobre la metodología Lean Six Sigma. A través de revisiones de fuentes confiables, se obtuvo información sobre los principios y herramientas estadísticas necesarias para comprender y aplicar la metodología enfocada en la mejora de los procesos. Además, permitió comprender cómo la variabilidad en los procesos impacta el desempeño y la calidad del producto final.
- En el diagnóstico situacional se utilizó las primeras fases de la metodología DMAIC, partiendo por la definición de las variables medibles aplicadas en las fases Definir, Medir y Analizar. Se inició con la definición del producto correspondiente a Café Moro 200g ya que representa el 80% de los ingresos anuales. Tras la obtención e interpretación de datos se pudo definir tres variables: el peso de las unidades con una variación de $\pm 12g$ superando las especificaciones establecidas por la empresa de $\pm 5g$, un tamaño de partícula de café por encima de los $900\mu m$ establecidas por la norma RTE INEN 1123 y un con 11.66% de unidades defectuosas por envasado lo que genera una pérdida económica en material laminado.
- Con la aplicación de la metodología completa, se logró reducir la variabilidad del peso de unidades finales, disminuyendo la desviación estándar de 3.38 a 2.59, lo que contribuyó a mejorar la estabilidad del proceso, alcanzando índices de capacidad mejorados con un Cp de 0.64 y un Cpk de 0.56, lo que asegura un mayor porcentaje de unidades dentro de las especificaciones establecidas. Por otra parte, en granulometría, se redujo el porcentaje de café pasante por encima de los $900\mu m$ en un 7% aproximado. De igual manera se redujo las unidades abiertas y rotas de un 11.66% de defectos a un 2.31% de unidades que no cumplen con las características de calidad respecto al envase. Tras la aplicación de mejoras rápidas la productividad incrementó en un 10.02%, el subproceso de peso redujo su PPM de 140314.28 a 105135.26, pero su cambio más significativo está en subproceso de envase con un PPM inicial de 116667 a 23077. Por último, se logró obtener un ahorro de \$ 61,30 en material desperdiciado (café y celofán) durante la producción de 250 kg de café.

RECOMENDACIONES

- La filosofía Lean Six Sigma permite controlar y mejorar la calidad del producto final verificando que las mejoras se mantengan con el tiempo por lo que es recomendable que se realicen capacitaciones mensuales dirigidas hacia la alta directiva y a los trabajadores del área de producción para que estén relacionados con la metodología, las metas y los objetivos de la empresa por lo que es recomendable que el proyecto se ejecute a cargo de un especialista al menos en nivel Green Belt.
- Se recomienda que la empresa implemente un canal de retroalimentación basado en servicio al cliente o realizar encuestas periódicas dirigidas hacia los clientes para recopilar información valiosa sobre la percepción y aceptación del producto facilitando la identificación de oportunidades de mejora. Esto se puede lograr con el apoyo del departamento de marketing, asignando un rol más aparte de sus actividades principales.
- Es conveniente adquirir de manera independiente los materiales y equipos necesarios para verificación de cumplimiento de la Norma INEN 1123 que favorecerá el análisis y obtención de resultados en el menor tiempo posible. Además, se sugiere que las mejoras futuras consideren la implementación de sistemas POKA YOKE, que es una herramienta para solventar errores humanos. Un ejemplo sería la instalación de un sistema automatizado de detección de café en las tolvas que activen el envío conforme a la cantidad asignada a cada tolva. También se sugiere evaluar la posibilidad de adquirir nuevas máquinas para optimizar el proceso.
- Para futuras investigaciones un tema relevante es el uso de la metodología Lean Six Sigma para optimizar las características medibles que afectan al análisis sensorial del café, como el nivel de tueste y la humedad del grano de café. Estas cualidades influyen directamente en la calidad sensorial del producto, impactando en atributos como el sabor y aroma. La investigación estaría enfocada en identificar y controlar la variabilidad de los parámetros mencionados, logrando obtener una mayor consistencia en cuanto al perfil sensorial.

BIBLIOGRAFÍA

- S. Aguirre Mayorga, «Repositorio EAFIT,» 13 marzo 2007. [En línea]. Available:
- 1] <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/14057/Marco%20metodológico%20para%20el%20desarrollo%20de%20proyectos%20de%20mejoramiento%20y%20rediseño%20de%20procesos.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. [Último acceso: 27 noviembre 2023].

 - J. M. León, J. L. Vásquez and A. Y. Vergara, “Desempeño financiero empresarial del sector agropecuario: un análisis comparativo entre Colombia y Brasil,” Revista EAN, 2018.

 - I. Orellana Osorio, L. Pinos Luzuriaga, L. Tonon Ordóñez, M. Reyes Clavijo and E. Cevallos Rodríguez, “Dialnet,” 04 diciembre 2020. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8856092>. [Accessed 20 noviembre 2023].

 - A. M. Sánchez, T. Vayas, F. Mayorga y C. Freire, «Observatorio Económico y Social de Tungurahua,» 18 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2021/05/VAB-Ecuador-1.pdf>. [Último acceso: 12 noviembre 2023].

 - EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO MUNICIPAL, «[https://app.sni.gob.ec,](https://app.sni.gob.ec)» 06 noviembre 2013. [En línea]. Available: https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01%20CANTON%20IBARRA_PDOT/1%20Plan%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial%20del%20Cant%20Ibarra/PARTE%201%20-%20PLAN%20IBARRA%202031.. [Último acceso: 24 enero 2023].

 - Prefectura de Imbabura, «[https://www.imbabura.gob.ec,](https://www.imbabura.gob.ec)» 24 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/agenda-productiva/perfiles-de-proyectos/2-cadena-cafe/5-perfil-certificacion-cafe.pdf>. [Último acceso: 24 enero 2023].

 - Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca del Ecuador, «Producción.Gob.ec,» 07 julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/PLAN-NACIONAL-DE-CALIDAD-2022.pdf>. [Último acceso: 20 septiembre 2024].

D. I. Méndez Espín and A. M. Chala Sánchez, “DSpace UDLA,” 2013. [Online].
 8] Available: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2485/1/UDLA-EC-TIPI-2013-06%28S%29.pdf>. [Accessed 20 noviembre 2023].

L. V. Barrantes Llanos, «Repositorio UPN,» 2017. [En línea]. Available:
 9] <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15052/Barrantes%20Llanos%20Lenn%20Vladimir.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. [Último acceso: 20 noviembre 2023].

J. Ramírez Valencia y V. Y. Reinos Hernández, «<https://repositorio.utp.edu.co/>,» 24
 10] junio 2022. [En línea]. Available:
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/1f55f84f-16ae-433e-9396-613944dd5392/content>. [Último acceso: 20 noviembre 2023].

A. Rojas Jauregui y V. Gisbert Soler, «<https://www.3ciencias.com/>,» 21 diciembre
 11] 2017. [En línea]. Available: https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_14.pdf. [Último acceso: 20 noviembre 2022].

B. S. López, «<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/>,» 19 Octubre 2019. [En
 12] línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/que-es-el-lean-manufacturing/>. [Último acceso: 20 11 2022].

L. S. Gómez, Lean Manufacturing: paso a paso, Barcelona: Marge Books, 2019.
 13]

I. Andreu, «<https://www.apd.es/>,» 15 julio 2021. [En línea]. Available:
 14] <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/#:~:text=La%20filosof%C3%ADa%20Lean%20Manufacturing%2C%20tambi%C3%A9n,al%20proceso%20ni%20al%20cliente..> [Último acceso: 20 noviembre 2022].

L. Cadavid, «<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/>,» 2013.
 15]

E. E. Uribe y L. Socconini, Lean six sigma: paso a paso, Valencia: Marge Books,
 16] 2021.

E. A. Navarro, V. Gisbert and A. I. Pérez, “METODOLOGÍA E
17] IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA,” 3 Ciencias, 2017.

R. Enríquez, «<https://www.galileo.edu>,» 20 enero 2022. [En línea]. Available:
18] <https://www.galileo.edu/facultad-de-administracion/historias-de-exito/conoce-los-beneficios-del-six-sigma/>. [Último acceso: 17 mayo 2023].

H. Pulido y R. Salazar, CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA,
19] Segunda ed., México: Mc Graw Hill, 2013, p. 426.

R. Carro Paz y D. Gonzáles Gómez, «CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS,»
20] de *Administración de las Operaciones*, Mar del Plata, 2013, p. 1.

UNIT, «<https://qualitasbiblo.files.wordpress.com>,» 2009. [En línea]. Available:
21] <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>. [Último acceso: 03 mayo 2023].

J. Rodríguez, «Hubspot,» 2020. [En línea]. Available:
22] <https://blog.hubspot.es/sales/como-hacer-diagrama-pareto#:~:text=El%20diagrama%20de%20Pareto%20es,del%2020%20%25%20de%20las%20causas..> [Último acceso: 27 noviembre 2023].

F. Gallach et.al, «<https://www.3ciencias.com>,» 26 enero 2021. [En línea]. Available:
23] <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2021/01/CUADERNOS-DE-INVESTIGACION-APLICADA-2020.pdf#page=19>. [Último acceso: 05 enero 2023].

J. Ovalles Acosta, V. Gisbert Soler and A. Pérez Molina,
24] “<https://www.3ciencias.com>,” 22 Diciembre 2017. [Online]. Available:
https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_1.pdf. [Accessed 29 11 2022].

J. Rodríguez, «<https://blog.hubspot.es>,» 09 febrero 2023. [En línea]. Available:
25] <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>. [Último acceso: 15 febrero 2023].

D. Betancourt, «Ingenio Empresa,» 29 julio 2016. [En línea]. Available:
26] <https://www.ingenioempresa.com/histograma/>. [Último acceso: 17 05 2023].

A. Vargas, «<https://repository.usta.edu.co/>,» 12 Diciembre 2018. [En línea].
27] Available:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15284/2019andresvargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 30 11 2022].

J. A. Guerra, «<https://www.sadamweb.com.ar/>,» 11 julio 2016. [En línea]. Available:
28] https://www.sadamweb.com.ar/news/2016_08Agosto/SIPOC-La_definicion_de_un_proceso_en_una_pagina.pdf. [Último acceso: 30 noviembre 2022].

J. Hernández, «<https://agileexperience.es/>,» 30 Diciembre 2019. [En línea]. Available:
29] <https://agileexperience.es/2019/12/30/analisis-de-procesos-con-sipoc/>. [Último acceso: 05 01 2023].

Rodriguez, «<https://blog.hubspot.es/>,» 21 julio 2021. [En línea]. Available:
30] <https://blog.hubspot.es/sales/5-porques>. [Último acceso: 15 febrero 2023].

I. Martínez, «<https://cdigital.uv.mx/>,» 12 diciembre 2017. [En línea]. Available:
31] <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47599/HernandezMartinezCuauhtemoc.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 07 mayo 2023].

M. F. Aguirre, «<https://www.appvizer.es/>,» 06 octubre 2020. [En línea]. Available:
32] <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/dmaic>.
[Último acceso: 21 noviembre 2022].

M. L. Lefcovich, Seis Sigma "Hacia un nuevo paradigma de gestión", El Cid Editor,
33] 2009.

E. Saglimbeni, «<https://www.dspace.espol.edu.ec/>,» 25 agosto 2015. [En línea].
34] Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97941/D-CD71865.pdf>. [Último acceso: 07 mayo 2023].

V. P. Alderete, A. L. Colombo, V. Di Stéfano and P. Wade, “<https://infolibros.org>,”
35] 04 junio 2004. [Online]. Available:
https://drive.google.com/file/d/1sJCZz_gcxH_nuCjzP4TnFJ3ndsqrImZW/view. [Accessed
07 mayo 2023].

D. Rubio, «Linked in,» 06 febrero 2022. [En línea]. Available:
36] <https://es.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-implementar-la-metodolog%C3%ADa-dmaic-de-six-sigma-s%C3%A1nchez-rubio>. [Último acceso: 07 mayo 2023].

C. Gallardo, «<https://repositorio.uchile.cl>,» 28 septiembre 2021. [En línea].
37] Available: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/182168/Aplicabilidad-de-la-metodologia-Seis-Sigma-en-proyectos-de-edificacion.pdf?sequence=1#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20Seis%20Sigma%20permite,gesti%C3%B3n%20y%20control%20de%20operaciones..> [Último acceso: 07 mayo 2023].

G. Preciado, Rodríguez, «<http://prepajocotepec.sems.udg.mx>,» 15 julio 2008. [En
38] línea]. Available:
http://prepajocotepec.sems.udg.mx/sites/default/files/organizadores_graficos_preciado_0.pdf. [Último acceso: 23 julio 2024].

Industrial Data, «Academia.edu,» 2022. [En línea]. Available:
39] https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62229726/KAIZEN_0_LA_MEJORA_CONTINUA20200228-70564-9hpl3d-libre.pdf?1582939292=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DKAIZEN_0_LA_MEJORA_CONTINUA.pdf&Expires=1730424077&Signature=CVEJfDGErKAen6hjhFdGFbNTMC. [Último acceso: 31 Octubre 2024].

F. Córdova Rojas, «Pontificia Universidad,» 2012. [En línea]. Available:
40] <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4712/CORDOVA%20FRANK%20FABRICACION%20POOLS%20EMPRESA%20METALMECANICA%20MANUFACTURA%20ESBELTA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. [Último acceso: 31 octubre 2024].

T. Suzuki, TPM EN INDUSTRIAS DE PROCESO, Madrid: Japan Institute of Plant
41] Maintenance, 2017.

R. Gonzáles, «Linked in,» 17 agosto 2022. [En línea]. Available:
42] <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-un-project-charter-o-acta-de-constituci%C3%B3n-gonz%C3%A1lez-cortezano>. [Último acceso: 04 mayo 2023].

J. G. Ramirez, «<https://www.eoi.es>,» 15 Abril 2013. [En línea]. Available:
43] <https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/>. [Último acceso: 22 11 2022].

A. J. Corrales, «Rockcontent,» 14 agosto 2020. [En línea]. Available:
44] <https://rockcontent.com/es/blog/voz-del-cliente/>. [Último acceso: 17 noviembre 2023].

S. Pérez Gómez, Lean Six Sigma Green Belt, Marge Books, 2020, pp. 38-39.
45]

H. Gutiérrez y R. De la Vara, Control estadístico de calidad y Seis Sigma, México:
46] Mc Graw Hill, 2009.

D. F. Betancourt, «<https://www.ingenioempresa.com>,» 04 agosto 2016. [En línea].
47] Available: <https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>. [Último acceso: 23 julio 2024].

A. Flores, «XR INDUSTRIAL,» 26 septiembre 2022. [En línea]. Available:
48] <https://www.xr-industrial.com/post/graficos-de-control>. [Último acceso: 23 junio 2024].

INEN, «SCRIBD,» Octubre 2016. [En línea]. Available:
49] <https://es.scribd.com/document/404281951/nte-inen-1123-2-1>. [Último acceso: 21 enero 2024].

CAFE MORO, «CAFE MORO,» 2022. [En línea]. Available: <https://cafemoro.ec>.
50] [Último acceso: 12 noviembre 2023].

Google Maps, «<https://www.google.com/maps>,» 20 marzo 2023. [En línea].
51] Available: <https://www.google.com/maps/place/Caf%C3%A9+Moro/@0.3725693,-78.1230335,478m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e2a3b1dbec3a07d:0x5173e7ca7cbfe3a7!8m2!3d0.3720397!4d-78.1220779!16s%2Fg%2F11lnq5x0f>.

G. Alarcón, P. Alarcón and S. Guadalupe, “La elaboración del mapa de procesos para
52] una universidad ecuatoriana,” Revista ESPACIOS, 2019.

M. Buestán, «LACCEI ORG,» junio 21 2013. [En línea]. Available:
53] <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP135.pdf>. [Último acceso: 24 enero 2025].

S. M. Castro Escobar, «Universidad de Pamplona,» 08 febrero 2018. [En línea].
54] Available:
http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4595/1/Castro_2018_TG.pdf. [Último acceso: 24 enero 2025].

L. Leyva, M. Huaca, Y. Santos, R. Saraguro, Piarpuezan, I. Herrera Granda, C.
55] Machad, Orges, A. Aleaga and A. Cordoves Garcia, “Applying Lean Manufacturing in the Production Process of Rolling Doors: A Case Study,” 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta

Encuesta

Este formulario tiene como objetivo recopilar información valiosa para mejorar la calidad de nuestro café torrado. Agradecemos sinceramente tu participación y comentarios. Por favor, responde con honestidad y detalladamente para que podamos comprender mejor tus preferencias y expectativas.

- ¿Cómo describirías la consistencia del tamaño de grano en nuestro café?

	1	2	3	4	5	
😊	<input type="radio"/>	😞				

- En una escala del 1 al 5, ¿Cómo evaluarías el nivel de tostado de nuestro café en términos de color y aroma?

	1	2	3	4	5	
Muy claro	<input type="radio"/>	Muy oscuro				

- ¿Cómo calificarías la efectividad de nuestro envase en preservar el aroma y sabor del café?

	1	2	3	4	5	
Excelente	<input type="radio"/>	Malo				

- ¿Cómo describirías la consistencia del peso neto en nuestros paquetes de café?

Muy consistente

Consistente

Variabilidad leve

Variabilidad significativa

- ¿Has encontrado algún paquete con roturas o defectos en nuestro café?

Sí

No

ANEXO 2. Estudio de medición R&R del sistema de medición.

Orden	Partes	Operador	Medición
1	9	1	204,25
2	10	1	201,28
3	5	1	197,45
4	3	1	199,97
5	2	1	199,19
6	4	1	200,34
7	8	1	198,54
8	7	1	199,37
9	6	1	200,68
10	1	1	200,19
11	1	2	200,63
12	10	2	202,76
13	9	2	204,26
14	5	2	197,7
15	4	2	201,07
16	6	2	200,9
17	3	2	199,94
18	8	2	198,14
19	2	2	200,55
20	7	2	199,72
21	10	3	202,22
22	3	3	199,14
23	1	3	200,27
24	6	3	200,6
25	8	3	198,69
26	2	3	200,59
27	5	3	197,27
28	9	3	204,26
29	7	3	198,51
30	4	3	201,2
31	10	1	201,29
32	7	1	199,36
33	6	1	200,68
34	4	1	200,34
35	5	1	197,45
36	2	1	199,26
37	1	1	200,15

38	8	1	198
39	9	1	204,2
40	3	1	198
41	6	2	200,89
42	7	2	199,72
43	3	2	199,93
44	2	2	200,55
45	5	2	197,72
46	8	2	198
47	4	2	201,08
48	1	2	200,63
49	9	2	204,26
50	10	2	202,74
51	9	3	204,25
52	7	3	199
53	1	3	200,25
54	5	3	197,25
55	10	3	202,21
56	4	3	201,21
57	8	3	198
58	3	3	199,14
59	2	3	200,58
60	6	3	200,59

ANEXO 3. Datos del peso – Carta X - R

DATOS PESO PRODUCTO FINAL												
Población		324		Lectura de datos				cada 6		Tolerancia		±5
N° muestra	Observaciones				CARTA X				CARTA R			
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Promedio	x	LCS	LCI	R	LC R	LCS	LCI
1	197,82	196,92	196,73	202,61	198,52	199,84	205,00	195,00	5,88	6,88	15,71	0
2	200,47	199,41	192,64	201,21	198,43	199,84	205,00	195,00	8,57	6,88	15,71	0
3	208,66	202,04	200,17	198,19	202,27	199,84	205,00	195,00	10,47	6,88	15,71	0
4	198,44	200,78	198,78	191,35	197,34	199,84	205,00	195,00	9,43	6,88	15,71	0
5	197,34	201,14	203,93	202,69	201,28	199,84	205,00	195,00	6,59	6,88	15,71	0
6	202,61	201,05	200,1	205,71	202,37	199,84	205,00	195,00	5,61	6,88	15,71	0
7	206,88	202,39	203,44	200,25	203,24	199,84	205,00	195,00	6,63	6,88	15,71	0
8	203,89	202,41	206,23	199,35	202,97	199,84	205,00	195,00	6,88	6,88	15,71	0
9	205,08	204,28	202,51	199,63	202,88	199,84	205,00	195,00	5,45	6,88	15,71	0
10	199,84	202,4	197,85	195,6	198,92	199,84	205,00	195,00	6,8	6,88	15,71	0
11	201,5	204,3	205,73	201,3	203,21	199,84	205,00	195,00	4,43	6,88	15,71	0
12	197,33	202,89	198,76	203,99	200,74	199,84	205,00	195,00	6,66	6,88	15,71	0
13	200,77	200,4	201,11	202,25	201,13	199,84	205,00	195,00	1,85	6,88	15,71	0
14	201,05	200,55	200,75	207,33	202,42	199,84	205,00	195,00	6,78	6,88	15,71	0
15	201,81	200,47	200,04	203,9	201,56	199,84	205,00	195,00	3,86	6,88	15,71	0
16	200,18	201,59	198,62	202,51	200,73	199,84	205,00	195,00	3,89	6,88	15,71	0
17	196,55	196,44	201,37	200,96	198,83	199,84	205,00	195,00	4,93	6,88	15,71	0
18	200,13	199,6	197,09	196,29	198,28	199,84	205,00	195,00	3,84	6,88	15,71	0
19	197,39	202,29	200,8	198,25	199,68	199,84	205,00	195,00	4,9	6,88	15,71	0
20	197,75	200,22	207,62	192,3	199,47	199,84	205,00	195,00	15,32	6,88	15,71	0
21	200,08	198,73	194,42	198,53	197,94	199,84	205,00	195,00	5,66	6,88	15,71	0
22	195,95	196,14	199,02	200,37	197,87	199,84	205,00	195,00	4,42	6,88	15,71	0
23	204,55	198,99	203,21	203,32	202,52	199,84	205,00	195,00	5,56	6,88	15,71	0
24	198,65	207,73	205,08	197,51	202,24	199,84	205,00	195,00	10,22	6,88	15,71	0
25	205,69	205,88	203,66	203,58	204,70	199,84	205,00	195,00	2,3	6,88	15,71	0
26	196,07	201,78	192,77	201,04	197,92	199,84	205,00	195,00	9,01	6,88	15,71	0

27	194,74	197,66	194,7	191,79	194,72	199,84	205,00	195,00	5,87	6,88	15,71	0
28	197,88	200,07	197,97	198,65	198,64	199,84	205,00	195,00	2,19	6,88	15,71	0
29	199,48	194,5	194,79	198,87	196,91	199,84	205,00	195,00	4,98	6,88	15,71	0
30	206,99	198,72	199,13	197,63	200,62	199,84	205,00	195,00	9,36	6,88	15,71	0
31	194,79	195,88	196,03	198,96	196,42	199,84	205,00	195,00	4,17	6,88	15,71	0
32	202,88	201,9	199,22	203,23	201,81	199,84	205,00	195,00	4,01	6,88	15,71	0
33	199,64	201,24	198,74	204,41	201,01	199,84	205,00	195,00	5,67	6,88	15,71	0
34	203,67	200,65	199,95	198,04	200,58	199,84	205,00	195,00	5,63	6,88	15,71	0
35	196,25	194,72	198,74	191,92	195,41	199,84	205,00	195,00	6,82	6,88	15,71	0
36	199,58	194,19	193,78	194,68	195,56	199,84	205,00	195,00	5,8	6,88	15,71	0
37	198,17	200,08	197,36	198,4	198,50	199,84	205,00	195,00	2,72	6,88	15,71	0
38	199,06	201,67	199,41	199,67	199,95	199,84	205,00	195,00	2,61	6,88	15,71	0
39	196,41	199,55	197,59	194,04	196,90	199,84	205,00	195,00	5,51	6,88	15,71	0
40	197,3	200,38	204,92	198,98	200,40	199,84	205,00	195,00	7,62	6,88	15,71	0
41	200,47	198,35	204,17	194,51	199,38	199,84	205,00	195,00	9,66	6,88	15,71	0
42	197,76	194,82	194,39	192,86	194,96	199,84	205,00	195,00	4,9	6,88	15,71	0
43	206,74	193,58	202	200,91	200,81	199,84	205,00	195,00	13,16	6,88	15,71	0
44	196,58	192,23	200,93	194,83	196,14	199,84	205,00	195,00	8,7	6,88	15,71	0
45	200,68	199,56	196,59	194,81	197,91	199,84	205,00	195,00	5,87	6,88	15,71	0
46	203,64	200,14	208,84	199,19	202,95	199,84	205,00	195,00	9,65	6,88	15,71	0
47	203,38	198,99	208,31	202,35	203,26	199,84	205,00	195,00	9,32	6,88	15,71	0
48	199,45	205,11	207,95	191,41	200,98	199,84	205,00	195,00	16,54	6,88	15,71	0
49	200,93	203,3	196,7	196,35	199,32	199,84	205,00	195,00	6,95	6,88	15,71	0
50	200,78	196,6	193,27	194,15	196,20	199,84	205,00	195,00	7,51	6,88	15,71	0
51	191,34	206,92	198,59	194,9	197,94	199,84	205,00	195,00	15,58	6,88	15,71	0
52	191,37	191,91	200,98	193,49	194,44	199,84	205,00	195,00	9,61	6,88	15,71	0
53	193,37	196,55	194,09	196,43	195,11	199,84	205,00	195,00	3,18	6,88	15,71	0
54	192,86	191,64	196,38	191,39	193,07	199,84	205,00	195,00	4,99	6,88	15,71	0
55	194,76	196,51	194,22	191,43	194,23	199,84	205,00	195,00	5,08	6,88	15,71	0
56	209,43	212,36	207,25	211,98	210,26	199,84	205,00	195,00	5,11	6,88	15,71	0
57	198,4	202,36	202,57	199,4	200,68	199,84	205,00	195,00	4,17	6,88	15,71	0
58	201,43	200,38	194,95	204,22	200,25	199,84	205,00	195,00	9,27	6,88	15,71	0
59	203,11	197,55	198,2	198,6	199,37	199,84	205,00	195,00	5,56	6,88	15,71	0

60	203,88	203,63	203,51	194,5	201,38	199,84	205,00	195,00	9,38	6,88	15,71	0
61	196,73	200,2	196,83	203,05	199,20	199,84	205,00	195,00	6,32	6,88	15,71	0
62	192,17	192,63	190,11	192,08	191,75	199,84	205,00	195,00	2,52	6,88	15,71	0
63	191,43	199,87	200,25	194,51	196,52	199,84	205,00	195,00	8,82	6,88	15,71	0
64	193,61	191,56	204,38	201,33	197,72	199,84	205,00	195,00	12,82	6,88	15,71	0
65	210,92	204,65	203,05	202,05	205,17	199,84	205,00	195,00	8,87	6,88	15,71	0
66	195,38	207,4	193,46	203,82	200,02	199,84	205,00	195,00	13,94	6,88	15,71	0
67	203,05	204,78	200,75	196,05	201,16	199,84	205,00	195,00	8,73	6,88	15,71	0
68	197,94	194,59	193,13	205,42	197,77	199,84	205,00	195,00	12,29	6,88	15,71	0
69	193,26	192,86	193,33	200,68	195,03	199,84	205,00	195,00	7,82	6,88	15,71	0
70	200,17	196,72	191,41	193,67	195,49	199,84	205,00	195,00	8,76	6,88	15,71	0
71	206,34	204,57	207,47	206,28	206,17	199,84	205,00	195,00	2,9	6,88	15,71	0
72	203,69	202,45	206,17	201,38	203,42	199,84	205,00	195,00	4,79	6,88	15,71	0
73	202,61	205,75	208,21	207,71	206,07	199,84	205,00	195,00	5,6	6,88	15,71	0
74	200,85	202,81	203,86	207,93	203,86	199,84	205,00	195,00	7,08	6,88	15,71	0
75	207,66	194,79	194,5	206,26	200,80	199,84	205,00	195,00	13,16	6,88	15,71	0
76	203,96	198,01	204,31	205,06	202,84	199,84	205,00	195,00	7,05	6,88	15,71	0
77	203,34	208,95	205,95	209,73	206,99	199,84	205,00	195,00	6,39	6,88	15,71	0
78	204,68	203,02	203,69	205,95	204,34	199,84	205,00	195,00	2,93	6,88	15,71	0
79	200,6	206,12	202,93	202,83	203,12	199,84	205,00	195,00	5,52	6,88	15,71	0
80	200,33	202,6	205,12	201,06	202,28	199,84	205,00	195,00	4,79	6,88	15,71	0
81	193,72	192,23	195,67	194,66	194,07	199,84	205,00	195,00	3,44	6,88	15,71	0

ANEXO 4. GRANULOMETRÍA

GRANULOMETRÍA DE CAFÉ MOLIDO

Definición	Estado	MALLA	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
Muy grueso	Excede	2000	2	0,04	1,2	0,5	0,08	5,12	0,6	1,7	0,1	1,3	0,9	1,1	0,5	0,09	2,5
Grueso	Excede	1400	11,8	4,6	1,36	2,2	1,32	3,45	5,2	3,2	2,24	9,24	1,2	2	3,08	1,25	1,4
Mediano	Excede	1000	49	44,2	40,2	54,2	40,6	29,5	44,3	40,5	43,6	42,6	45,3	39,8	40,3	41,66	41,5
Fino	Límite	500	30	38,56	52,04	38	51,1	51,4	38	52,5	50,9	38,7	45,8	52,4	49,2	52,2	50,5
Extrafino	Límite	425	7,2	12,6	5,2	5,1	6,9	10,53	11,9	2,1	3,16	8,16	6,8	4,7	6,92	4,8	4,1

Definición	Estado	MALLA	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30
Muy grueso	Excede	2000	0,12	0,5	1,5	1,4	0,8	0,09	2,2	1,2	0,2	0,8	2,1	0,2	0,31	5,3	0,9
Grueso	Excede	1400	3,8	1,4	2,3	2,6	2	3,2	1,2	3,8	4,25	5,25	4,3	4,22	1,8	4,8	2,55
Mediano	Excede	1000	38,7	38,4	41,9	42,1	38,55	49,8	41,6	39,42	37,1	49,68	41,6	39,5	39,1	39,2	42,65
Fino	Límite	500	50,1	51,9	48,5	51,2	49,62	42,6	50	49,33	51,66	39,5	45	51,6	50,97	49,1	46,1
Extrafino	Límite	425	7,28	7,8	5,8	2,7	9,03	4,31	5	6,25	6,79	4,77	7	4,48	7,82	1,6	7,8

Definición	Estado	MALLA	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45
Muy grueso	Excede	2000	0,12	2,2	3,87	0,9	0,09	2,5	0,56	0,2	0,8	1,6	1,23	0,56	0,9	1,3	0,31
Grueso	Excede	1400	1,2	4,2	6,3	1,66	3,56	1,4	2,65	2,65	1,31	2,92	1,69	2,6	2,11	2,4	1,8
Mediano	Excede	1000	39,6	44,6	46,2	52,3	38,25	42,9	38,41	41,25	37,1	49,32	38,41	50,6	48,62	49,6	39,1
Fino	Límite	500	51,96	39,9	41,63	44,5	56,36	50,1	53,64	47,6	50,97	44,69	54,36	42,65	45,6	46,33	50,97
Extrafino	Límite	425	7,12	9,1	2	0,64	1,74	3,1	4,74	8,3	9,82	1,47	4,31	3,59	2,77	0,37	7,82

Definición	Estado	MALLA	R46	R47	R48	R49	R50	R51	R52	R53	R54	R55	R56	R57	R58	R59	R60
Muy grueso	Excede	2000	3,4	0,2	0,8	2,9	0,1	0,88	2,4	0,1	0,25	1,2	0,8	0,05	1,2	2,1	1,5
Grueso	Excede	1400	2,5	1,65	1,3	1,5	1	1,22	1,5	0,9	0,65	3,5	3,2	1,2	2,6	3,6	1,2
Mediano	Excede	1000	40,1	45,06	45,4	39,1	42,2	48,5	42,1	41	42,36	38,66	46,2	51,4	50,7	48,6	40,5
Fino	Límite	500	50,4	48,95	44,5	51,4	50,5	45	50,6	51,1	49,6	49,12	48,2	44,1	41,4	44,6	51,6
Extrafino	Límite	425	3,6	4,14	8	5,1	6,2	4,4	3,4	6,9	7,14	7,52	1,6	3,25	4,1	1,1	5,2

Definición	Estado	MALLA	R61	R62	R63	R64	R65	R66	R67	R68	R69	R70	R71	R72	R73	R74	R75
Muy grueso	Excede	2000	0,55	0,8	0,9	1,65	0,05	0,06	2,2	0,95	1,32	0,75	0,8	1,3	1,42	0,63	0,05
Grueso	Excede	1400	1,63	1,2	2,6	1,96	2,6	3,1	1,6	3,02	2,35	1,42	3,05	2,41	2,65	2,75	1,3
Mediano	Excede	1000	39,65	52	42,5	50,1	48,6	39,65	41,5	42,6	42,65	50,1	49,3	48,62	45,98	46,78	41,6
Fino	Límite	500	55,3	41,8	49,2	42,6	46,4	52,6	50,7	51,8	49,4	45,7	40,2	45,74	47,63	47,95	51,05
Extrafino	Límite	425	2,87	4,2	4,8	3,69	2,35	4,59	4	1,63	4,28	2,03	6,65	1,93	2,32	1,89	6

Definición	Estado	MALLA	R76	R77	R78	R79	R80	R81	R82	R83	R84	R85	R86	R87	R88	R89	R90
Muy grueso	Excede	2000	1,3	0,95	0,6	1,2	0,8	0,09	1,75	0,6	1,55	1,84	2,2	0,85	1,3	0,9	0,6
Grueso	Excede	1400	2,5	2,36	2,74	2,4	2,4	3,4	2,45	2,6	1,98	3,1	3,6	2,3	2,5	3,2	2,33
Mediano	Excede	1000	51,45	50,15	37,89	46,36	54,2	45,1	50,3	39,4	39,87	43,22	41,6	40,2	42,3	40,2	38,92
Fino	Límite	500	41,25	42,04	53,48	48,1	38,74	49,2	44,27	50,9	49,78	48,2	50,2	52,8	45,6	51,6	50,47
Extrafino	Límite	425	3,5	4,5	5,29	1,94	3,86	2,21	1,23	6,5	6,82	3,64	2,4	3,85	8,3	4,1	7,68

Definición	Estado	MALLA	R91	R92	R93	R94	R95	R96	R97	R98	R99	R100
Muy grueso	Excede	2000	3,2	2,4	0,55	1,6	0,62	3,4	2,2	0,08	0,5	0,9
Grueso	Excede	1400	1,2	1,5	2,98	2,12	2,6	2,5	1	1,9	4,3	2,5
Mediano	Excede	1000	40,22	41,5	36,87	42,4	42,66	39,5	39,41	42,6	37,5	39,4
Fino	Límite	500	48,66	50,4	49,78	52,66	51,87	48,2	50,55	52,88	49,6	51,02
Extrafino	Límite	425	6,72	4,2	9,82	1,22	2,25	6,4	6,84	2,54	8,1	6,18

ANEXO 5. DATOS DEL PROCESO DE ENVASADO EN SUBGRUPOS

Tamaño de subgrupos: 100

Subgrupos	Defectuosos
1	54
2	86
3	7
4	1
5	3
6	0
7	2
8	13
9	0
10	9
11	15
12	4
13	4
14	5
15	0
16	3
17	2
18	10
19	2
20	17
21	8

ANEXO 6. Hoja de control propuesta

Hoja de control							
Información general		Lote	# 001				
Fecha	dd/mm/aa						
Responsable							
TUESTE							
Peso inicial		Tipo de grano		Observaciones			
Humedad		Pergamino					
Peso final		Robusta	X				
% pérdida de peso		Bola					
Tiempo de tueste		Tipo de tueste		Valor L'			
MOLIENDA							
Duración de molienda		Denominación de granulometría		Observaciones			
		Extrafino					
Cantidad de entrada		Fino					
Cantidad de salida		Mediano	X				
Déficit		Grueso					
Envase							
Unidades envasadas				Observaciones			
Unidades defectuosas							
ELABORADO POR:			APROBADO POR:				

ANEXO 7. Ficha de mantenimiento preventivo máquina de molienda

Versión: 01		FICHA DE MANTENIMIENTO		
Fecha de ejecución	dd/mm/aa	Próximo mantenimiento	dd/mm/aa	
Tipo de mantenimiento		Código	MTR.01	
Máquina	Molino	Duración	Horas/minutos	
Inspección				
Estado de la máquina	Operativa	Averiada	Fuera de servicio	
	X			
Revisión general				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Inspección general	Revisión del estado general del molino			
Revisión de sistemas eléctricos	Inspección de cables, componentes y conexiones eléctricas			
Panel de control	Mantener las nomenclaturas del panel de control			
Revisión de la estructura	Inspeccionar la carcasa para determinar desgastes o daños			
Limpieza y lubricación				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Limpieza de filos	Extracción de residuos de café y limpiar filos de fresas planas			
Limpieza de elevador helicoidal	Limpieza del elevador de tornillo sin fin			
Lubricación de componentes	Aplicación de lubricante en rodamientos móviles			
Ajustes – Reparaciones				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Ajuste de fresas planas	Ajustar la tensión de la fresa plana y su filo			
Verificación de motor	Comprobar el funcionamiento y controlar la temperatura del motor			
Responsable				
	Nombre		Firma	

ANEXO 8. Ficha de mantenimiento preventivo máquina de envasado

Versión: 01	FICHA DE MANTENIMIENTO			
Fecha de ejecución	dd/mm/aa	Próximo mantenimiento		
Tipo de mantenimiento		Código	ME.0#	
Máquina	Máquina de envase #	Duración	Horas/minutos	
Inspección				
Estado de la máquina	Operativa	Averiada	Fuera de servicio	
	X			
Revisión general				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Inspección general	Revisión visual del estado de la máquina			
Revisión de cableado y sistema eléctrico	Inspección de cables y conexiones eléctricas			
Comprobación de sensores	Verificación del correcto funcionamiento de sensores			
Revisión de tolva contenedora	Verificar estado de las tolvas reguladoras de café			
Limpieza y lubricación				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Limpieza de tolva y conductos	Retirar residuos de café y limpiar la tolva de conductos de alimentación			
Lubricación de los componentes	Aplicación de lubricantes sobre rodamientos y móviles			
Ajustes – Reparaciones				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Ajuste de selladores	Verificar la y ajustar la alineación y funcionamiento de los selladores			
Revisión del sistema de pesaje	Verificar el peso de las unidades y calibrar			
Seguridad y sistemas de control				
Verificación de paradas de emergencia	Comprobar si el sistema de paradas de emergencia funciona			
Inspección del panel de control	Revisar el estado del panel de control e indicaciones			
Responsable				
	Nombre		Firma	

ANEXO 9. Ficha de mantenimiento preventivo – Codificadora

Versión: 01		FICHA DE MANTENIMIENTO		
Fecha de ejecución	dd/mm/aa	Próximo mantenimiento	dd/mm/aa	
Tipo de mantenimiento		Código	MC.01	
Máquina	Codificadora	Duración	Horas/minutos	
Inspección				
Estado de la máquina	Operativa	Averiada	Fuera de servicio	
	X			
Revisión general				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Inspección general	Revisión del estado de funcionamiento			
Revisión de sistemas eléctricos	Inspección de sistema de cableado y componentes eléctricos			
Inspección de sensores	Verificar el funcionamiento o desgaste de sensores			
Limpieza y lubricación				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Limpieza general de la codificadora	Limpiar polvo, café de la estructura de la máquina			
Limpieza de cabezal de impresión	Limpiar el cabezal para evitar obstrucciones y asegurar el codificado			
Lubricación	Lubricar rodamientos y partes móviles de la codificadora			
Ajustes – Reparaciones				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Verificación de motor	Comprobar el funcionamiento del motor			
Ajustes de componentes	Cambio de componentes eléctricos y mecánicos			
Responsable				
Responsable				
	Nombre		Firma	

ANEXO 10. Ficha de mantenimiento preventivo – Banda transportadora

Versión: 01		FICHA DE MANTENIMIENTO		
Fecha de ejecución	dd/mm/aa	Próximo mantenimiento	dd/mm/aa	
Tipo de mantenimiento		Código	MC.01	
Máquina	Banda transportadora	Duración	Horas/minutos	
Inspección				
Estado de la máquina	Operativa	Averiada	Fuera de servicio	
	X			
Revisión general				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Inspección general	Revisión de la estructura y base			
Revisión de sistemas eléctricos	Revisar el sistema eléctrico y estado de los cables			
Limpieza y lubricación				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Limpieza general de la codificadora	Limpiar y mantener libre de obstrucciones			
Lubricación	Lubricar rodamientos de los ejes de rotación y partes móviles			
Ajustes – Reparaciones				
Actividad	Descripción	Realizado	En espera	Observaciones
Verificar estado de componentes móviles	Determinar el estado de los rodillos, cadena de transmisión y poleas			
Inspección de la banda	Reponer banda transportadora			
Responsable				
	Nombre		Firma	

ANEXO 11. Ficha de mantenimiento correctivo

Versión: 01		FICHA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
Fecha de ejecución	dd/mm/aa	Código	MTR.01	
Máquina		Área	Horas/minutos	
Detección del problema				
N°	Descripción del problema			
1				
2				
3				
Soluciones pertinentes				
N°				
1				
2				
3				
Repuestos e insumos utilizados				
N°	Descripción	Cantidad	En stock	
			Si	No
1				
2				
3				
Mantenimiento				
N°	Hora		Responsable de mantenimiento	
	Inicio	Fin		
Observaciones				

ANEXO 13. Lista de verificación de cumplimiento de mejoras

CHECK LIST							
Fase	Controlar						
Objetivo	Supervisar las mejoras implementadas y controlar su permanencia						
Fecha							
Producto							
Requisitos	CTQ's				Consideraciones		
	Peso	±5 gramos					
	Granulometría	Entre 350 µm a 900 µm					
Sección del proceso	Estado actual				Cumple		Observaciones
	Actividad	Descripción			Si	No	
Recepción de Mp	Hoja de control de datos	Se está haciendo uso de la hoja de control para registrar los datos de mp recibida					
Tueste	Reemplazar las baterías del colorímetro	Una vez determinadas las 750 mediciones de colorimetría se debe comprobar si el dispositivo funciona correctamente					
	Control de las fichas de registro	Uso de las fichas de control en cada lote de producción					
Triturado	TPM	Los mantenimientos se llevan de acuerdo con las fechas planificadas					
	Control del uso de etiquetas	Las etiquetas están detalladas correctamente					
	Control de granulometría	Se verifica el tamaño de partícula cada lote producido					
	Kaizen	Se realiza con las limpiezas programadas para la reducción de defectos					
Envase	TPM	El mantenimiento de las máquinas de envase se está realizando					
		Se registran los mantenimientos, así como los cambios de componentes					
ELABORADO POR:							
APROBADO POR:							

ANEXO 14.**PLAN DE CAPACITACIÓN****Objetivo:**

Crear competencias respecto a Lean Six Sigma, Kaizen, hojas de control y TPM para mejorar la calidad y la eficiencia de los procesos de la empresa.

Alcance:

Alta dirección, operadores que conforman AGROMORO.

Duración Total:

25 horas

Procedimiento de ejecución:

Se dividirán los temas en módulos donde cada uno contendrá objetivos, un tiempo de duración y materia con relación a cada uno de ellos.

MÓDULO 1 – Lean Six Sigma

Objetivo: Relacionar a la organización con los principios y herramientas de Lean Six Sigma para la reducción de la variabilidad y mejora de los procesos.

Duración: 3 horas

Contenido

- Introducción a Lean Six Sigma - 30 minutos
- Estructura DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) - 90 min
- Herramientas Lean y Six Sigma – 60 min

Metodología

- Elaboración de diapositivas
- Exposiciones
- Estudios de caso
- Foros y talleres

MÓDULO 3 – IMPLEMENTACIÓN KAIZEN

Objetivo: Comprender y familiarizarse con la metodología Kaizen para mantener los equipos limpios y listos para una producción eficiente.

Duración: 6 horas

Contenido:

- Introducción de qué es Kaizen - 30 min
- Inspección y recorrido por la fábrica - 60 min
- Asignación de responsables- 60 min
- Programación de tareas- 60 min
- Responsabilidad y compromiso – 90 min
- Finalización y práctica con foro– 60 min

Metodología

- Vídeos relacionados a Kaizen y mejora continua
- Ejercicios prácticos

MÓDULO 4 – IMPLEMENTACIÓN DE CARTAS DE CONTROL

Objetivos: Desarrollar destrezas para la implementación y utilización de las cartas de control para el monitoreo de los procesos.

Duración: 4 horas

Contenido:

- Introducción a las Cartas de Control – 60 min
- Estructura de las Cartas de Control – 60 min
- Implementación y Monitoreo – 60 min
- Acciones de mejora – 60 min

Metodología:

- Exposiciones
- Visualización de Cartas de Control con ejemplos

- Análisis de empresas usando Cartas de Control

MÓDULO 5 – TPM

Objetivo: Entender los principios del Mantenimiento Productivo Total para maximizar la eficiencia de los equipos y su importancia.

Duración: 7 horas

Contenido:

- Introducción al TPM – 90 min
- Pilares TPM – 90 min
- Implementación de TPM – 120 min
- Medición y control – 120 min

Metodología:

- Exposiciones y vídeos
- Talleres explicativos
- Foro de preguntas

Cronograma de capacitación

PLAN DE CAPACITACIÓN																													
Tema	Materia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Lean Six Sigma	Introducción a Lean Six Sigma	■																											
	Estructura DMAIC		■	■																									
	Herramientas Lean				■																								
	Herramientas Six Sigma				■																								
Kaizen	Introducción de Kaizen de limpieza					■																							
	Planificación						■																						
	Asignación de responsables							■																					
	Programación de tareas									■																			
	Disciplina										■	■																	
Colaboración												■																	
Cartas de Control	Introducción a las Cartas de Control												■																
	Estructura de Cartas de Control													■															
	Implementación y Monitoreo														■														
	Acciones de Mejora															■													
TPM	Introducción al TPM																	■											
	Pilares TPM																		■										
	Implementación de TPM																			■	■								
	Medición y control																					■	■						

ANEXO 15. Plan de control del proceso

Proceso	Actividad	Característica de control	Especificación del control	Frecuencia	Documentación
Recepción de café verde	Pesar las cantidades recibidas	Kg	Medir el nivel de café vs cascarilla Porcentaje de cascarilla aceptable 2%	Previo a la recepción de mp	Hoja de control de datos, especificando cantidades y porcentaje de humedad por lote recibido.
	Mide el porcentaje de humedad	% de humedad	Determinar el % de humedad para clasificación entre Rango aceptable (8 %-11%)	Cada vez que se recibe mp	
Tueste	Mide el tueste del café	L* Cielab	Determinar el nivel de tueste del grano Rango aceptable dentro de la Norma INEN RTE 1123	Cada vez que se tueste un lote	Hoja de control de producción, detallando las mediciones obtenidas.
Molienda	Mide la pérdida de peso	Kg	Determinar la pérdida de peso del café por tueste	Cada vez que un lote de producto tostado pase al área de molienda	Hoja de control de producción, verificando la denominación de la partícula.
	Mide el tamaño de partícula Consistencia de triturado	µm	Medir la granulometría del café triturado Sin exceder el límite de 900 µm		
Envasado	Estandarizar el peso del café	Gramos	Medir el peso de productos envasado según la presentación	Cada lote producido después del proceso de molienda	Hoja de control con pesos registrados

ANEXO 16. DATOS PESO UNIDADES FINALES – TRAS MEJORA

DATOS PESO PRODUCTO FINAL												
Población		324		Lectura de datos			cada 4		Tolerancia		±5	
Nº muestra	Observaciones				CARTA X				CARTA R			
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Promedio	x	LCS	LCI	R	LC R	LCS	LCI
1	200,13	205,81	203,03	206,76	203,93	205,00	205,00	195,00	6,63	8,88	20,26	0
2	206,12	203,37	198,26	208,17	203,98	205,00	205,00	195,00	9,91	8,88	20,26	0
3	194,07	199,36	205,19	207,75	201,59	205,00	205,00	195,00	13,68	8,88	20,26	0
4	205,29	200,7	206,58	196,4	202,24	205,00	205,00	195,00	10,18	8,88	20,26	0
5	208,96	203,34	201,33	206,76	205,10	205,00	205,00	195,00	7,63	8,88	20,26	0
6	209,75	201,02	204,02	206,73	205,38	205,00	205,00	195,00	8,73	8,88	20,26	0
7	204,86	199,74	203,63	201,96	202,55	205,00	205,00	195,00	5,12	8,88	20,26	0
8	199,71	203,64	204,61	201,79	202,44	205,00	205,00	195,00	4,9	8,88	20,26	0
9	198,69	205,56	191,31	202,92	199,62	205,00	205,00	195,00	14,25	8,88	20,26	0
10	196,78	194,94	198,12	198,39	197,06	205,00	205,00	195,00	3,45	8,88	20,26	0
11	202,89	205,98	205,24	202,41	204,13	205,00	205,00	195,00	3,57	8,88	20,26	0
12	205,5	194,21	198,68	202,91	200,33	205,00	205,00	195,00	11,29	8,88	20,26	0
13	200,29	202,18	202,94	206,23	202,91	205,00	205,00	195,00	5,94	8,88	20,26	0
14	200,15	200,45	202,38	202,06	201,26	205,00	205,00	195,00	2,23	8,88	20,26	0
15	202,89	197,07	202	205,2	201,79	205,00	205,00	195,00	8,13	8,88	20,26	0
16	193,91	192,49	196,38	208,18	197,74	205,00	205,00	195,00	15,69	8,88	20,26	0
17	205,54	205,94	201,4	192,02	201,23	205,00	205,00	195,00	13,92	8,88	20,26	0
18	203,37	195,63	202,41	197,46	199,72	205,00	205,00	195,00	7,74	8,88	20,26	0
19	198,92	191,26	198,05	201,47	197,43	205,00	205,00	195,00	10,21	8,88	20,26	0
20	200,97	199,26	203,68	196,53	200,11	205,00	205,00	195,00	7,15	8,88	20,26	0
21	206,11	196,64	197,56	196,67	199,25	205,00	205,00	195,00	9,47	8,88	20,26	0
22	203,31	201,96	196,17	192,63	198,52	205,00	205,00	195,00	10,68	8,88	20,26	0
23	196,99	207,07	206,54	200,38	202,75	205,00	205,00	195,00	10,08	8,88	20,26	0
24	203,92	197,74	205,59	199,36	201,65	205,00	205,00	195,00	7,85	8,88	20,26	0

25	201,24	201,57	198,69	193,71	198,80	205,00	205,00	195,00	7,86	8,88	20,26	0
26	201,82	196,69	201,34	194	198,46	205,00	205,00	195,00	7,82	8,88	20,26	0
27	206,12	200,63	200,13	199,57	201,61	205,00	205,00	195,00	6,55	8,88	20,26	0
28	198,77	195,95	193,73	204,41	198,22	205,00	205,00	195,00	10,68	8,88	20,26	0
29	206,21	204,96	198,06	190,2	199,86	205,00	205,00	195,00	16,01	8,88	20,26	0
30	197,42	205,35	194,3	200,48	199,39	205,00	205,00	195,00	11,05	8,88	20,26	0
31	192,53	205,09	203,31	195,6	199,13	205,00	205,00	195,00	12,56	8,88	20,26	0
32	195,06	198,72	199,24	201,41	198,61	205,00	205,00	195,00	6,35	8,88	20,26	0
33	202,49	194,18	195,9	200,78	198,34	205,00	205,00	195,00	8,31	8,88	20,26	0
34	201,15	199,32	194,69	195,2	197,59	205,00	205,00	195,00	6,46	8,88	20,26	0
35	189,78	195,42	205,71	202,28	198,30	205,00	205,00	195,00	15,93	8,88	20,26	0
36	202,94	200,32	196	197,66	199,23	205,00	205,00	195,00	6,94	8,88	20,26	0
37	202,2	201,64	199,76	196,1	199,93	205,00	205,00	195,00	6,1	8,88	20,26	0
38	192,85	199,08	196,97	182,82	192,93	205,00	205,00	195,00	16,26	8,88	20,26	0
39	201,74	199,97	202,67	197,05	200,36	205,00	205,00	195,00	5,62	8,88	20,26	0
40	187,2	194,99	202,04	201,08	196,33	205,00	205,00	195,00	14,84	8,88	20,26	0
41	202,44	197,3	192,1	198,81	197,66	205,00	205,00	195,00	10,34	8,88	20,26	0
42	191,61	202,24	199,55	191,57	196,24	205,00	205,00	195,00	10,67	8,88	20,26	0
43	196,6	203,72	204,97	204,57	202,47	205,00	205,00	195,00	8,37	8,88	20,26	0
44	195,96	204,88	203,36	200,4	201,15	205,00	205,00	195,00	8,92	8,88	20,26	0
45	200,43	211,32	204,73	201,68	204,54	205,00	205,00	195,00	10,89	8,88	20,26	0
46	196,91	205,76	204,44	199,01	201,53	205,00	205,00	195,00	8,85	8,88	20,26	0
47	199,7	200,67	201,46	205,5	201,83	205,00	205,00	195,00	5,8	8,88	20,26	0
48	198,4	202,69	202,12	208,31	202,88	205,00	205,00	195,00	9,91	8,88	20,26	0
49	204,9	204,14	197,55	205,94	203,13	205,00	205,00	195,00	8,39	8,88	20,26	0
50	207,85	197,29	203,09	203,42	202,91	205,00	205,00	195,00	10,56	8,88	20,26	0
51	193,84	201,08	210,71	202,19	201,96	205,00	205,00	195,00	16,87	8,88	20,26	0
52	203,62	205,68	207,77	204,32	205,35	205,00	205,00	195,00	4,15	8,88	20,26	0
53	201,22	205,8	199,08	202,27	202,09	205,00	205,00	195,00	6,72	8,88	20,26	0
54	196,39	204,58	202,38	200,98	201,08	205,00	205,00	195,00	8,19	8,88	20,26	0
55	202,43	204,93	205,54	208,28	205,30	205,00	205,00	195,00	5,85	8,88	20,26	0

56	208,86	204,85	202,96	205,63	205,58	205,00	205,00	195,00	5,9	8,88	20,26	0
57	205,72	204,46	199,36	201,56	202,78	205,00	205,00	195,00	6,36	8,88	20,26	0
58	202,71	204,38	202,59	202,42	203,03	205,00	205,00	195,00	1,96	8,88	20,26	0
59	195,69	203,89	197,53	201,82	199,73	205,00	205,00	195,00	8,2	8,88	20,26	0
60	194,91	203,85	204,94	197,16	200,22	205,00	205,00	195,00	10,03	8,88	20,26	0
61	199,71	201,03	195,93	204,87	200,39	205,00	205,00	195,00	8,94	8,88	20,26	0
62	197,72	207,25	198,64	200,05	200,92	205,00	205,00	195,00	9,53	8,88	20,26	0
63	200,99	192,92	199,04	200,83	198,45	205,00	205,00	195,00	8,07	8,88	20,26	0
64	201,14	196,34	194,24	194,93	196,66	205,00	205,00	195,00	6,9	8,88	20,26	0

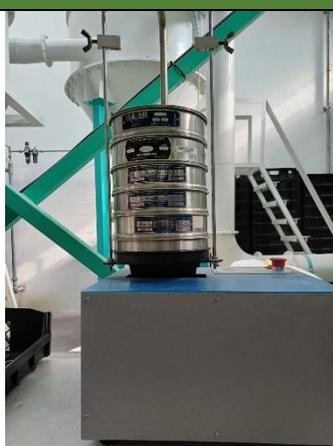
ANEXO 16. DATOS GRANULOMÉTRICOS – TRAS MEJORA

HOJA DE OBTENCIÓN DE DATOS – TAMAÑO DE PARTÍCULA				
Producto	Café torrado molido 200 g	Fecha	29/10/2024	
Proceso	Triturado	Responsable	Investigador	
N° Producto Terminado	100	Equipo de medición	Franz Pujota	
AGROMORO				
Datos				
Tamiz	Promedio de café total de las muestras	Porcentaje	Dentro del límite	
2000 µm	1,6 g	0,53 %	No	
1400 µm	32,7 g	10,9 %	No	
1000 µm	85,67 g	28,55 %	No	
500 µm	96,94 g	32,31 %	Sí	
425 µm	83,09 g	27,69 %	Sí	

ANEXO 17. DATOS DEL ENVASADO – TRAS MEJORA

Tamaño de subgrupos: 100

Subgrupos	Defectuosos
1	3
2	3
3	1
4	0
5	2
6	1
7	0
8	3
9	1
10	3
11	5
12	4
13	4

ANEXO 18. Evaluación en laboratorios de la Universidad**Sólidos solubles****Mohos y levaduras****Cenizas totales****Humedad****Granulometría**

ANEXO 19. Instalaciones de la empresa



Área de Envase



Área de molienda



Área de Tueste



Área de almacenamiento



Área de almacenamiento de insumos



Producto terminado