



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE
LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE–
ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORA:

MERCHÁN SAQUICELA CARMEN NOHEMI

TUTOR:

ING. MUÑOZ BRAVO RICHARD EDINSON, MGTR.

La Libertad, Ecuador

2026

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Merchán Saquicela Carmen Nohemi**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

TUTOR

f. 
Ing. Muñoz Bravo Richard Edinson, Mgtr.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 
Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, M.Sc.

La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “**MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE – ECUADOR**”, elaborado por la Srta. **MERCHÁN SAQUICELA CARMEN NOHEMI** estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 
Ing. Muñoz Bravo Richard Edinson, Mgtr.

La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Merchán Saquicela Carmen Nohemi

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE-ECUADOR**” previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente, este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

AUTORA

f. 
Merchán Saquicela Carmen Nohemi

AUTORIZACIÓN

Yo, **Merchán Saquicela Carmen Nohemi**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **“MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE – ECUADOR”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 11 del mes de agosto del año 2026

AUTORA:

f. 
Merchán Saquicela Carmen Nohemi

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE-ECUADOR**” elaborado por la Srta. **Carmen Nohemi Merchán Saquicela**, egresada de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que una vez analizado en el sistema de anti plagio Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 4% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

 Certificado de análisis
Compilatio Magister® - UPSE-ECU

MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA
MESTIZA S.A., PAUTE - ECUADOR
ID: JJA45Q2uK3SS2dJ9P7428F8H5V6C0C0L6714708

 4%
Textos
sospechosos

Nombre del fichero: TITULACION 20201 MERCHAN, CARMEN	Depositante: Carmen Nohemi Merchán Saquicela
Tamaño del archivo original: 5,37 MB	Autor: Carmen Nohemi Merchán Saquicela
Número de palabras: 10.707	Fecha de depósito: 6 de agosto de 2023
	Tipo de carga: Titulación
	Fecha de fin de análisis: 6 de agosto de 2023

 Resumen (sección 1.02)

Localización de los textos sospechosos en el documento:



Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

TUTOR

f. 
Ing. Muñoz Bravo Richard Edinson, Mgtr.

C.C.: 0922584321

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

CERTIFICO

Que, he realizado la revisión y corrección del Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniera Industrial con el tema: **“MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE-ECUADOR”**. Ha sido desarrollado por la estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial: **CARMEN NOHEMI MERCHÁN SAQUICELA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Que, el trabajo presenta un dominio formal del lenguaje, con expresión clara, coherencia discursiva y solidez interpretativa. Asimismo, garantizando su adecuación a los estándares académicos y formales requeridos.

Por lo expuesto, se expide el presente certificado para que los interesados lo utilicen ante las instancias que correspondan.

Atentamente,



Firmado digitalmente en Ecuador.
Firmado electrónicamente por:
**MONICA ISABEL
PAREDES CASTRO**

Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

Magister en Educación Básica

Correo: misabelp1017@gmail.com

C.C: 0605353143

Celular: 0969917044

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su misericordia y apoyo incondicional en el cumplimiento de esta meta, por la sabiduría otorgada y por no dejarme sola en mis momentos difíciles. A mi familia, especialmente a mi papá, por su amor y apoyo incondicional mientras trabajaba en su taller. A mi mamá, por sus consuelos en momentos difíciles.

A mis hermanos, quienes me alegraban con sus bromas y abrazos, en especial a Laura, por ser mi compañera en este camino. Tus noches de desvelo y tu paciencia fueron significativas para mí, incluso cuando el cansancio y las dudas aparecían. Te quiero y te amo. A mi cuñado, quien me ayudó a avanzar en mi proyecto.

Quiero expresar mi agradecimiento a todos los docentes que me acompañaron durante mi carrera. Gracias por guiarme en mis estudios y por las enseñanzas que siempre llevaré en mi corazón y en mi mente. Asimismo, agradezco a mis amigos por su apoyo sincero, en especial a Brittani, por hacer este camino un poco más ligero; por las escapadas a la playa, donde todos nos reíamos, e incluso por recordarme lo inteligente que era. Los quiero mucho, y estarán en mi corazón siempre.

De igual manera, a mi enamorado, Jordy, por acompañarme con amor, paciencia y apoyo incondicional durante este proceso. Gracias por creer en mí, incluso en los momentos en los que yo dudaba de mis capacidades, y por estar a mi lado en cada desafío.

Finalmente, agradezco a la empresa Mestiza S.A., por abrirme sus puertas para el desarrollo de esta investigación. De manera especial, agradezco a don Pedro y a los compañeros de trabajo de Pablo, quienes me recibieron con amabilidad, disposición y respeto, haciendo que mi estancia en la empresa fuera una experiencia enriquecedora.

Nohemi Merchán Saquicela.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. A ellos les debo gran parte de la persona que soy hoy y seré mañana. Este logro también es de ustedes, porque cada paso que di, su amor me acompañó; porque en cada tropiezo que tuve, su mano me sostuvo. Los amo profundamente. Te amo Leonor Saquicela y Cesar Merchán.

A mis compañeros de vida. Gracias por cada ronroneo, por cada momento de calma y por enseñarme que el amor más puro a veces no necesita palabras. Los extraño profundamente y siempre vivirán en mi corazón. Como alguna vez sentí, ustedes fueron mi refugio en los días más difíciles y una parte de mi hogar. Este proyecto siempre llevará un pedacito de ustedes. Dominjoo, mi niño adorado. Paquita, mi gata panchona. Alaska, mi estrellita y mi luz. Carlita, mi gordita, mi jungkona. Hasta siempre mis amores.

Por último, me gustaría dedicar a BTS, su música, “Sea”, me recordó que, aunque el camino pareciera incierto y el horizonte se confunda con un espejismo, siempre existía la esperanza de seguir adelante. Gracias por acompañarme en silencio y ayudarme a encontrar fuerza para no rendirme.

“Soy quién soy, con todos mis fallos y errores. Quizá mañana sea un poco más sabio y también seré yo. Esos defectos y errores me definen, conforman las estrellas más brillantes en la constelación de mi vida”. – Kim Namjoon.

Nohemi Merchán Saquicela.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.



Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

f.



Ing. Jorge Fernando Hidalgo Hidalgo, Mgtr.

DOCENTE ESPECIALISTA

f.



Ing. Richard Edinson Muñoz Bravo, Mgtr.

DOCENTE TUTOR

f.



Ing. Edison Noé Buenaño Buenaño, Mgtr.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vi
CERTIFICADO DE GRAMÁTICA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIA.....	ix
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema.....	4
Formulación del problema de investigación	5
Alcance de la investigación.....	5
Justificación de la investigación	6
Objetivos.	8

CAPÍTULO I	9
MARCO TEÓRICO	9
1.1. Antecedentes	9
1.2. Estado del arte	10
1.3. Discusión del estado del arte	24
1.4. Marco conceptual	25
1.5. Descripción de la empresa	26
1.5.1. Empresa Cerámica Mestiza S.A.	26
1.5.2. Ubicación de la empresa Mestiza S.A.	26
1.5.3. Organigrama	27
1.5.4. Procesos de la línea THD	28
CAPÍTULO II	34
MARCO METODOLÓGICO	34
2.1. Enfoque de investigación	34
2.2. Diseño de investigación	34
2.3. Protocolo de investigación	35
2.3.1. Protocolo para el cálculo de costos de producción	37
2.3.2. Protocolo de mejora de productividad	39
2.4. Población y censo	40
2.4.1. Población	40
2.4.2. Censo	40
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
2.5.1. Métodos de recolección de datos	40
2.5.2. Técnicas de recolección de datos	41
2.5.3. Instrumentos de recolección de datos	42
2.5.4. Confiabilidad	43
2.5.5. Validez	44
2.6. Procedimiento para la recolección de datos	45
2.7. Operacionalización de variables	46
2.8. Plan de análisis e interpretación de datos	47
CAPÍTULO III	49
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1. Marco de resultados	49
3.1.1. Validación del instrumento de recolección de datos	49

3.1.2. Análisis e interpretación de resultados de la encuesta	52
3.1.3. Confiabilidad del instrumento de recolección de datos	53
3.1.4. Levantamiento de información en la empresa Mestiza S.A.....	63
3.1.4.1 Costos de producción	66
3.1.4.2. Productividad	72
3.2. Propuesta.....	74
3.2.1. Modelo de costos de producción	74
3.2.2. Fórmulas desarrolladas en el modelo de costos	76
3.2.3. Mejora de la productividad.....	86
3.3. Marco de discusión	98
3.4. Limitaciones del estudio	99
3.5. Futuras líneas de investigación	99
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección de base de datos.	11
Tabla 2. Planteamiento de criterios de inclusión y exclusión de publicaciones.	12
Tabla 3. Número de citas.	14
Tabla 4. Países colaboradores.	17
Tabla 5. Enfoques utilizados en los artículos.	18
Tabla 6. Revisión de técnicas aplicadas en los artículos.	19
Tabla 7. Matriz de juicios (AHP).	20
Tabla 8. Matriz de ponderación (AHP).	20
Tabla 9. Clasificación y consistencia de las técnicas.	20
Tabla 10. Instrumentos y técnicas aplicadas en los artículos seleccionados.	21
Tabla 11. Clasificación de pesos por herramienta.	22
Tabla 12. Objetivos para revisión.	23
Tabla 13. Preguntas de investigación.	23
Tabla 14. Terminología y definición.	25
Tabla 15. Rangos de confiabilidad del alfa Cronbach.	43
Tabla 16. Rangos de V de Aiken.	45
Tabla 17. Plan de recolección de datos.	46
Tabla 18. Plan de análisis e interpretación de datos.	47
Tabla 19. Criterios de inclusión y exclusión para selección de expertos.	49
Tabla 20. Calificaciones de evaluación, variable independiente.	50
Tabla 21. Calificaciones de evaluación, variable dependiente.	51
Tabla 22. Valoración de expertos.	51
Tabla 23. Procesamiento de respuesta de instrumento variable independiente.	53
Tabla 24. Procesamiento de respuesta de instrumento variable dependiente.	53
Tabla 25. Cálculo del alfa de Cronbach variable independiente.	54
Tabla 26. Estadísticos por elementos suprimidos de la variable independiente.	54
Tabla 27. Cálculo de alfa de Cronbach de la variable dependiente.	55
Tabla 28. Estadísticos por elementos suprimidos de la variable dependiente.	55
Tabla 29. Prueba de normalidad no paramétrica para los indicadores de la variable independiente.	56
Tabla 30. Prueba de normalidad no paramétrica para los indicadores de la variable dependiente.	58

Tabla 31. Niveles de correlación.....	61
Tabla 32. Correlación no paramétrica de los dos instrumentos aplicados.	61
Tabla 33. Costo de producción del periodo y desglose de materia prima.....	70
Tabla 34. Estado de resultados bajo la estructura NIIF 18.....	70
Tabla 35. Matriz de parámetros de entrada para la estructura de costos y variables operativas.	76
Tabla 36. Datos de producción de la maceta estándar 40.	88
Tabla 37. Datos de producción de la maceta cabo 25.	89
Tabla 38. Criterios de evaluación para la criticidad de procesos.	92
Tabla 39. Clasificación e índice de criticidad de los procesos de la línea THD.	93
Tabla 40. Escala de puntuación para la Gravedad (G).....	94
Tabla 41. Escala de puntuación para la Frecuencia (F).....	94
Tabla 42. Escala de puntuación para la Detectabilidad (D).	95
Tabla 43. Matriz AMFE del estandarizado de piezas.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de problemática de la investigación.	3
Figura 2. Etapas del método Proknow – C.	11
Figura 3. Filtrado de artículos de investigación.	13
Figura 4. Diagrama de publicación de los artículos seleccionados.....	14
Figura 5. Análisis de citas de artículos.	15
Figura 6. Red de coocurrencia.	16
Figura 7. Acoplamiento bibliográfico entre revistas.....	16
Figura 8. Relación entre países.	17
Figura 9. Técnicas planteadas para AHP.	19
Figura 10. Ubicación de la empresa Mestiza S.A.	26
Figura 11. Organigrama de la empresa.	27
Figura 12. Organigrama de la producción.	28
Figura 13. Selección de arcillas.	29
Figura 14. Molienda.....	29
Figura 15. Filtro prensas y "tortas".	30
Figura 16. Extruder y formación de chorizos.	31
Figura 17. Proceso de corte.....	31
Figura 18. Formación de las piezas.....	32
Figura 19. Secaderos.	32
Figura 20. Almacenamiento de las piezas.....	33
Figura 21. Diseño de la investigación.....	35
Figura 22. Protocolo final de investigación.	36
Figura 23. Fases de protocolo para el cálculo de costos de producción.	38
Figura 24. Fases de protocolo para la mejora de productividad.	39
Figura 25. Plan de recolección de datos.....	41
Figura 26. Protocolo para la confiabilidad de resultados.....	44
Figura 27. Protocolo de validación de criterio de expertos.....	44
Figura 28. Diagrama Q-Q - Indicador 1 – Variable independiente.	57
Figura 29. Diagrama Q-Q - Indicador 2 – Variable independiente.	57
Figura 30. Diagrama Q-Q - Indicador 3 – Variable independiente.	58
Figura 31. Diagrama Q-Q - Indicador 4 – Variable independiente.	58

Figura 32. Diagrama Q-Q - Indicador 1 - Variable dependiente.	59
Figura 33. Diagrama Q-Q - Indicador 2 - Variable dependiente.	59
Figura 34. Diagrama Q-Q - Indicador 3 - Variable dependiente.	60
Figura 35. Diagrama Q-Q - Indicador 4 - variable dependiente.	60
Figura 36. Diagrama de procesos.....	64
Figura 37. Diagrama de procesos.....	65
Figura 38. Clasificación de los costos de producción.....	66
Figura 39. Distribución del costo total de materia prima por tipo de pasta.	67
Figura 40. Costo total de insumos.....	67
Figura 41. Distribución de costo de mano de obra directa por centro de producción.	68
Figura 42. Distribución del CIF por centro de producción.....	69
Figura 43. Gráfica de cascada para el estado de resultados.....	71
Figura 44. Distribución comparativa del porcentaje de daño por etapa operativa y artículo.....	72
Figura 45. Flujo en matriz de los centros de costos en la empresa Mestiza S.A.	75
Figura 46. Diagrama de Pareto de las causas del proceso de lacado de piezas terminadas.	86
Figura 47. Diagrama de Pareto de segundo nivel para las causas de medición en el proceso de lacado.	87
Figura 48. Evaluación inicial 5S.....	87
Figura 49. Evaluación final 5S.....	89
Figura 50. Árbol de decisiones para evaluación de riesgos.	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de calidad de la semana 15 del año 2025.	108
Anexo 2. Cálculo AHP.	108
Anexo 3. Aplicación de ABC para las herramientas.	108
Anexo 4. Pesos de las herramientas (AHP).	109
Anexo 5. Tiempo de procesos: molienda, filtro prensa y secado.	109
Anexo 6. Quema de piezas.....	109
Anexo 7. Delimitación del censo.	110
Anexo 8. Instrumento de recolección de datos, variable independiente.....	111
Anexo 9. Instrumento de recolección de datos, variable dependiente.....	112
Anexo 10. Matriz operacional de variables.	113
Anexo 11. Ficha de validación por expertos.....	114
Anexo 12. Tabulación de datos en SPSS variable independiente.....	115
Anexo 13. Tabulación de datos en SPSS variable dependiente.....	115
Anexo 14. Ficha de observación.....	115
Anexo 15. Costos de materia prima.	116
Anexo 16. Mano de obra.....	117
Anexo 17. Costo CIF.	120
Anexo 18. Costos de insumos.....	123
Anexo 19. Matriz de unidades reprocesadas.....	125
Anexo 20. Ishikawa de primer nivel.	126
Anexo 21. Checklist del primer Ishikawa basada en criterios.	127
Anexo 22. Ishikawa de segundo nivel.	128
Anexo 23. Checklist del segundo Ishikawa.	129
Anexo 24. 5S checklist para la evaluación de la situación inicial.	130
Anexo 25. Tablas de estandarización para la maceta estándar 40.	131
Anexo 26. Tablas de estandarización para la maceta cabo 25.....	131
Anexo 27. 5S checklist situación final.....	132
Anexo 28. Proceso estandarizado para la realización del lacado.	133

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

ABC	Costeo basado en actividades.
AHP	Proceso analítico jerárquico.
A.P	Análisis de procesos.
CIF	Costos indirectos de fabricación.
DIAC	Diseño anidado o incrustado concurrente
FMEA	Análisis de modo y efecto de falla
FTQ	Calidad a la primera.
G.C.	Gestión de costos.
G.E.O.	Gestión estratégica organizacional.
KPI	Indicadores claves de desempeño.
M.O.I.	Mejora operativa integrada.
MO.D.O/MO.O.D	Modelos de decisión y optimización.
MYPE/PyME	Micro, pequeña y mediana empresa.
OEE	Eficiencia general de los equipos.
PRISMA	Estándares para el reporte de revisiones sistemáticas.
SPSS	Software estadístico utilizado para el análisis de datos.
TDABC	Costeo basado en actividades por tiempo.
THD	Línea de producción Terracota.
α (Alfa de Cronbach)	Coefficiente utilizado para medir la confiabilidad o consistencia interna de los instrumentos de recolección datos.
V (de Aiken)	Coefficiente utilizado para cuantificar la validez de contenido de un instrumento mediante el juicio de expertos.
CR	Razón de consistencia (en el método AHP).
ICA	Índice de consistencia ajustado.

“MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A., PAUTE – ECUADOR”

Autora: Merchán Saquicela Carmen Nohemi

Tutor: Ing. Muñoz Bravo Richard Edinson, Mgtr.

RESUMEN

La presente investigación abordó la problemática de los costos de producción y su incidencia en la productividad en la empresa Cerámica Mestiza S.A., considerando la necesidad de optimizar procesos productivos para mejorar la eficiencia operativa. El objetivo fue diseñar un modelo de reducción de costos de producción que contribuya al incremento de la productividad. Para ello, se desarrolló una investigación con enfoque mixto y diseño anidado concurrente, sustentada en una revisión bibliográfica mediante el método ProKnow-C y la priorización de técnicas a través del Proceso Analítico Jerárquico. La recolección de información se realizó mediante observación técnica, encuestas aplicadas a 75 trabajadores y entrevistas dirigidas a personal administrativo y jefes de área. Los resultados evidenciaron que los principales factores que afectan la productividad corresponden a los desperdicios de materiales, tiempos muertos generados por procesos manuales y las interrupciones ocasionadas por la maquinaria, identificándose además el área de bodega como el centro de costos con mayor incidencia. Con base en estos hallazgos, se propuso un modelo de costos de producción complementado con la estandarización de procesos, orientado a optimizar las operaciones, reducir actividades que no agregan valor y fortalecer la productividad, constituyéndose en una alternativa técnica para mejorar la eficiencia y competitividad de la empresa.

Palabras clave: *costos de producción, productividad, gestión de costos, cerámica.*

“PRODUCTION COST MODEL FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF
THE COMPANY MESTIZA S.A., PAUTE – ECUADOR”

Author: Merchán Saquicela Carmen Nohemi

Tutor: Ing. Muñoz Bravo Richard Edinson, Mgtr.

ABSTRACT

This research addressed the issue of production costs and their impact on the productivity of Cerámica Mestiza S.A., considering the need to optimize production processes to enhance operational efficiency. The objective was to design a production cost reduction model that would contribute to increased productivity. To this end, a study was conducted using a mixed methods approach and a concurrent nested design, supported by a literature review via the ProKnow-C method and the prioritization of techniques through the Analytic Hierarchy Process. Data collection involved technical observation, surveys of 75 workers, and interviews with administrative staff and area supervisors. The results revealed that the primary factors affecting productivity were material waste, downtime resulting from manual processes, and machinery-related interruptions; additionally, the warehouse was identified as the cost center with the greatest impact. Based on these findings, a production cost model complemented by process standardization was proposed. This model aimed to optimize operations, reduce nonvalue added activities, and boost productivity, thereby offering a technical alternative to improve the company's efficiency and competitiveness.

Keywords: *production costs, productivity, cost management, ceramics.*

INTRODUCCIÓN

En el sector manufacturero actual, las organizaciones enfrentan una intensa rivalidad que exige una transición hacia la gestión estratégica de modelos que optimicen el rendimiento. La industria cerámica no es ajena a este evento puesto a que la exigencia supera la única dependencia de las ventas para poder incorporar la mitigación de los “costos de no calidad” junto con la sincronización de los recursos que son utilizados.

A nivel global, el sector manufacturero ha presentado una necesidad de mejorar y fortalecer sus sistemas internos debido al crecimiento sostenido, el cual afecta a la competitividad de las empresas. De acuerdo con el incremento proyectado de la demanda en industrias de bienes de consumo ha obligado a las organizaciones a perfeccionar sus procesos productivos y mecanismos de control económico. En este sentido, Chirinos Magallanes et al. (2025) sostiene que una determinación imprecisa del costo total de producción puede provocar desviaciones financieras que afectan directamente la rentabilidad y reducen la capacidad de respuesta de las empresas frente a las dinámicas del mercado.

Ante esta necesidad, es imperativo profundizar la transición que conecta la contabilidad de costos tradicional con los modelos contemporáneos basados en actividades. En este sentido, mientras los sistemas históricos a menudo invisibilizan ineficiencias, al modelo Time Drive Activity Based Costing (TDABC) surge como la respuesta técnica e idónea para el sector cerámico. Autores como Ayinla et al. (2025) subrayan que el TDABC permite cuantificar la capacidad práctica de los recursos en función del tiempo real de proceso facilitando la identificación de actividades que no agregan valor y tiempos muertos que la contabilidad tradicional tiende a promediar.

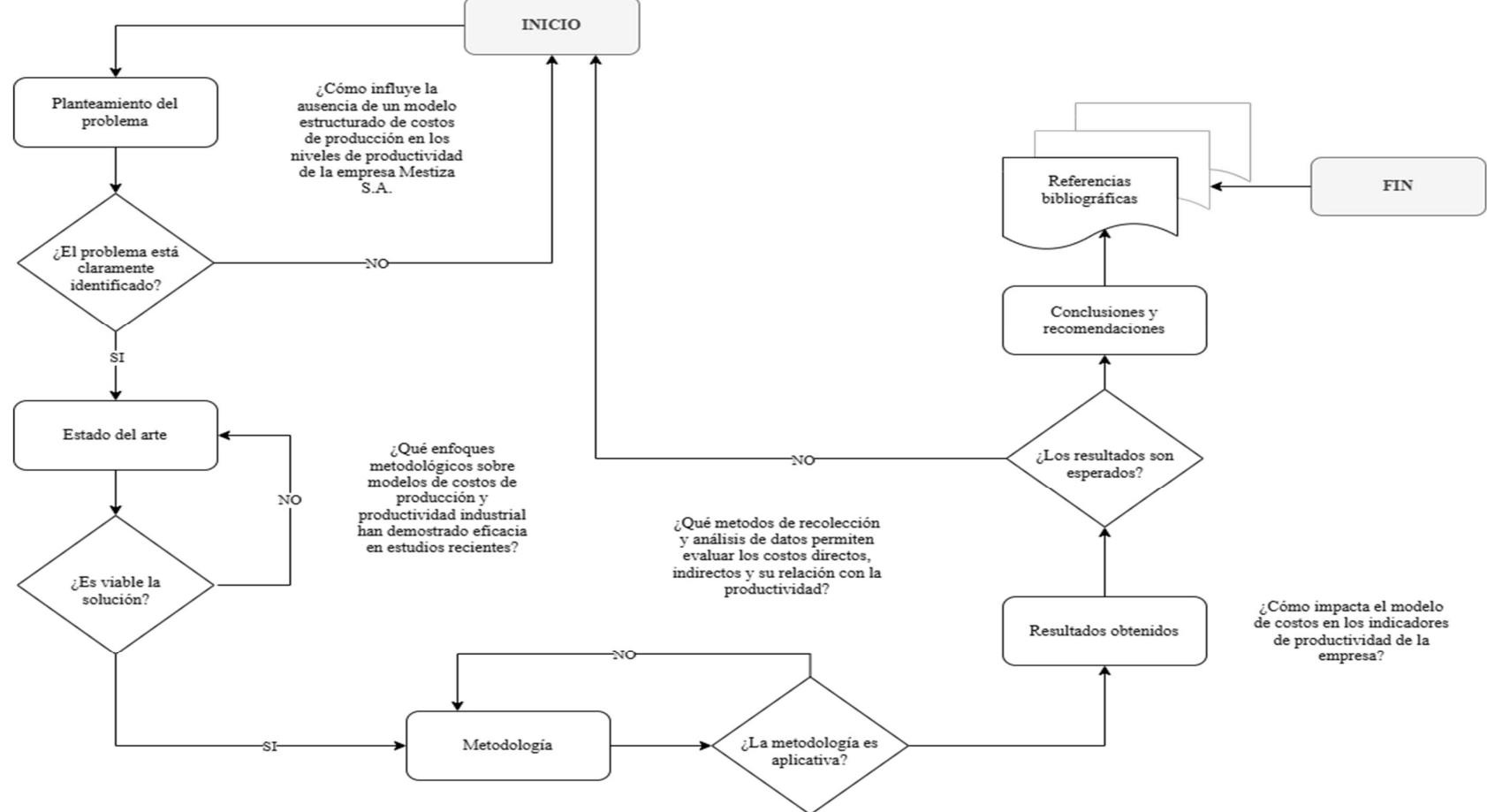
Sin embargo, en el continente latinoamericano carece de la adopción de estos métodos y aunque muchas empresas de la región han intentado incorporar el control y la optimización, aún existen restricciones vinculadas con la disponibilidad de datos, la uniformidad de los procedimientos y la supervisión en el desempeño de sus actividades, complicando la detección de mermas quienes disminuyen la capacidad para mejorar, repercutiendo de manera directa en los indicadores de rendimiento global (Reis et al., 2025).

Dentro de este contexto regional, Ecuador enfrenta desafíos particulares derivados de su estructura productiva y del limitado nivel de adopción de herramientas de gestión estratégica. Con respecto a este punto, gran parte del sector industrial, especialmente las pequeñas y medianas organizaciones, continúan operando mediante esquemas tradicionales que restringen el conocimiento detallado del consumo de recursos durante la fabricación. Dicho de otra manera, Naranjo et al. (2023) mencionan que la escasa información impide reconocer bien el comportamiento de los procesos, lo cual provoca incrementos en el tiempo de manufactura y el uso ineficiente de los activos. Bajo esta perspectiva, la falta de mecanismos para el registro de datos llega a ser un bloqueo hacia la transformación de modelos de gestión como el TDABC; por esta razón, resulta buena para fortalecer el diseño de estrategias de crecimiento garantizando la sostenibilidad de la empresa.

Esta problemática se evidencia en la empresa Mestiza S.A., ubicada en el cantón Paute, provincia del Azuay. La empresa desarrolla sus actividades sin contar con una metodología estructurada que permita determinar de manera precisa sus costos reales de producción, lo que dificulta conocer el desempeño económico de sus procesos y limita la evaluación de su productividad. Como consecuencia, pueden generarse reprocesos, desperdicios, utilización ineficiente de recursos y decisiones sustentadas en estimaciones generales más que en información técnica.

Respecto a esta realidad, surge la necesidad de diseñar un modelo de costos que permita la identificación y organización de los componentes económicos involucrados en la fabricación; visto de esta forma, la aplicación de esta herramienta busca proporcionar información segura sobre el costo real de producir y de igual manera, facilitar el control en tareas diarias elevando la productividad en la empresa Mestiza S.A. El presente estudio propone el desarrollo de una estructura de costos adaptada a la empresa como se presenta en la Figura 1; se elabora un diagrama de flujo que plantea la secuencia de la identificación del problema en el trabajo de investigación, esta contiene interrogantes a las distintas secciones del estudio como es el planteamiento, el estado del arte, el marco metodológico, interpretación de resultados y la elaboración de conclusiones con base en los objetivos planteados dirigido al tema de estudio.

Figura 1. *Flujograma de problemática de la investigación.*



Nota. El diagrama presenta el proceso lógico de la investigación, desde el planteamiento del problema hasta la obtención de resultados en la empresa Mestiza S.A.

Planteamiento del problema

En el contexto empresarial actual, la determinación de los costos de producción constituye uno de los elementos más importantes para garantizar la sostenibilidad y competitividad de las organizaciones manufactureras. Sin embargo, a nivel global persisten limitaciones relacionadas con la disponibilidad y calidad de la información utilizada para calcular el costo real de producir, situación que afecta directamente la planificación operativa, el control de recursos y la productividad empresarial.

De acuerdo con Sajid et al. (2023) entre el 70 % y el 80 % del costo total de un producto se define desde las primeras etapas del diseño y planificación de la producción; no obstante, dichas etapas suelen desarrollarse bajo condiciones de información limitada o insuficientemente estructurada. Desde este punto de vista, esta situación crea dificultades en cuanto al consumo real de los recursos porque ocasiona desviaciones económicas que reducen la capacidad de las organizaciones para optimizar sus procesos productivos.

Frente a este escenario, la gestión de costos ha evolucionado desde una función contable hacia una herramienta orientada al análisis y control del desempeño organizacional. Cumbajin et al. (2024) sostienen que gran parte de las erogaciones operativas son derivadas de procesos que carecen de un buen registro fiel a sus operaciones; de ahí que la ausencia de mecanismos para fiscalizar la operatividad entorpece el discernimiento de las mermas, reprocesos o actividades que no aportan valor al patrimonio empresarial.

Respecto al entorno manufacturero en América Latina, el desafío se vuelve más crítico ante los obstáculos para amalgamar los datos de planta con la planificación de alto nivel. Visto de esta forma, la escasez de herramientas de costeo estructuradas afecta la posibilidad de medir el éxito de los procesos diarios; una situación que Reis et al. (2025) evidencian al señalar que la falta de supervisión puede desplomar el rendimiento hasta en un 54,82 %, provocando demoras acumuladas de 1285,36 minutos dentro de las líneas productivas.

Las empresas manufactureras del Ecuador no son ajenas a esta realidad, de hecho, enfrentan numerosos desafíos para el control de los costos de producción, a pesar de la importancia de esta oportunidad para el desarrollo, muchas de las empresas

se abstienen e incluso utilizan métodos obsoletos llegando a ser un problema para un análisis de costos precisos. Según Valero. (2024), casi el 80 % de los líderes empresariales consideran que sus organizaciones se encuentran estancadas gracias a su baja productividad, falta de tecnología y a su incapacidad de un control operativo.

La empresa Mestiza S.A., refleja una problemática similar. Actualmente, la organización no cuenta con un modelo estructurado que permita determinar de manera precisa sus costos reales de producción, lo que dificulta identificar el comportamiento económico de cada etapa del proceso productivo y limita el control sobre el uso de recursos. Tal escenario adquiere importancia al inspeccionar los datos de la investigación de calidad (Anexo 1) donde tras examinar 9.713 piezas se llegó a la conclusión que 9.268 acataron los cánones técnicos, mientras que 445 exhibieron inconsistencias graves. Este balance da a notar una escalada del 28 % en el índice de unidades imperfectas lo cual dispara los desembolsos por reprocesos y erosiona el rendimiento de la planta.

Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un modelo de costos de producción para la empresa Mestiza S.A., que permita identificar, organizar y analizar los recursos involucrados en cada etapa del proceso productivo. La implementación de esta herramienta busca proporcionar información confiable sobre el costo real de producir, facilitar la identificación de ineficiencias operativas y contribuir al fortalecimiento de la productividad empresarial mediante una gestión más eficiente de los recursos y una toma de decisiones sustentada en evidencia.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo puede un diseño de un modelo de costos de producción, en comparación con el sistema actual de gestión de costos, contribuir a la mejora de la productividad en la empresa Mestiza S.A., ubicada en Paute, Ecuador?

Alcance de la investigación

La presente investigación se centra en analizar y estructurar los costos reales de producción mediante el diseño de un modelo de costos que proporcione información para optimizar el uso de recursos y favorecer la productividad empresarial específicamente en la línea THD de los productos que fabrica la empresa. El estudio se lleva a cabo en la empresa Mestiza S.A., ubicada en el sector Paute, provincia del

Azuay. Para ello, se utiliza un enfoque sistemático y dinámico para el análisis de los costos de producción y optimización de recursos.

La investigación está centrada en dos variables principales: la variable independiente: costos de producción, corresponde a una herramienta de gestión orientada a identificar, clasificar y asignar de manera sistemática los recursos utilizados durante el proceso productivo. Por otro lado, la variable dependiente: la productividad, entendida como la capacidad de una organización para obtener mayores resultados y esta se relaciona con la eficacia operativa, aprovechamiento de materiales, reducción de desperdicios y capacidad de generar productos con menor consumo de recursos y menor incidencia de reprocesos.

Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad de disponer de herramientas que permitan fortalecer la gestión interna mediante información económica confiable sobre el proceso productivo. En las empresas manufactureras, donde cada vez existen mayores exigencias en la producción y en el manejo de los recursos económicos, es necesario conocer el costo real de fabricar producto para planificar, controlar los procesos y tomar mejores decisiones. En este sentido, Bondendorf et al. (2022) señalan que relacionar el desempeño de la producción con el análisis económico permite convertir los datos obtenidos en información útil para apoyar la gestión estratégica de la empresa.

Desde una perspectiva práctica, el estudio busca aportar a la empresa Mestiza S.A., mediante el diseño de un modelo de costos de producción que facilite la identificación y organización de los recursos consumidos durante el proceso productivo. Considerando que en determinados entornos manufactureros los materiales pueden representar hasta el 95 % del costo final del producto dentro de la empresa en cuestión. Por ello, dispones de mecanismos que permitan conocer cómo se generan y distribuyen estos costos contribuye al control operativo y al uso más eficiente de los recursos disponibles.

Por tal motivo, la investigación adquiere relevancia porque propone una herramienta orientada para recopilar datos de producción junto con los indicadores de la productividad. Como sostienen Psarommatis et al. (2024) el empleo de medidas de

rendimiento clarifica el panorama operativo y cimenta una toma de decisiones libre de suposiciones; dentro de este marco, el modelo de costos cambia la contabilidad básica y se convertirá a un detector de restricciones que impiden la mejora productiva.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio aporta al desarrollo de propuestas aplicables a contextos empresariales donde aún existe limitada incorporación de herramientas para la estimación y análisis de costos. Psarommatis et al. (2024) indican que los modelos orientados al seguimiento de costos en entornos productivos específicos continúan siendo poco abordados dentro de la literatura aplicada a pequeñas y medianas empresas. Por ello, el presente trabajo busca generar una metodología adaptable a las características operativas de la empresa Mestiza S.A., que posteriormente pueda servir como referencia para otras organizaciones con procesos productivos similares.

Por último, esta investigación es valiosa para la empresa y para la sociedad en vista de que es beneficiosa para los directivos como al personal operativo, de igual forma el modelo permite que la gerencia cuente con la información organizada para respaldar decisiones sobre costos recursos y desempeño productivo. Para los trabajadores, la generación de procesos más organizados y criterios operativos más claros puede favorecer mejores condiciones de trabajo y reducir incertidumbre derivadas de procesos poco estandarizados. En este sentido, Rane et al. (2023) sostiene que la incorporación de procedimientos técnicos y mecanismos organizados de gestión contribuye a fortalecer el entorno laboral y el desempeño organizacional.

Preguntas directrices

¿Cuál es la estructura presente de los costos de producción y qué restricciones muestra el sistema de cálculo de los costos empleados en la empresa Mestiza S.A.?

¿Cuáles son las principales actividades y productos principales de la empresa, y como optimizan los costes de producción?

¿Cómo se puede desarrollar un modelo de costos de producción que refleje las actividades reales que ocurren dentro de la empresa?

¿Cómo afecta el modelo de costos de producción a muchos aspectos de la empresa, operaciones y márgenes?

Objetivos.

Objetivo general

Proponer un modelo de costos de producción que impulse la productividad mediante la modelación técnica de los procesos operativos en la empresa Mestiza S.A., Paute – Ecuador.

Objetivos Específicos.

OE1. Fundamentar el estado del arte a través de un estudio sistemático de los métodos de la manufactura esbelta y costeo que respalden el diseño del modelo para el análisis de la rentabilidad en entorno industrial cerámico.

OE2. Estructurar un marco metodológico basado en procedimientos técnicos para la determinación de los costos de producción y el análisis de las variables operativas críticas en la empresa Mestiza S.A.

OE3. Desarrollar un modelo matemático de costos mediante el análisis financiero integral de la línea THD, para el diseño de una propuesta de optimización basada en herramientas Lean Manufacturing que incremente la productividad.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La revisión de investigaciones destaca la gestión de costos y la productividad en empresas manufactureras. Sahin & Kologlu (2022) señalan la necesidad de optimizar procesos de fabricación para reducir costes y mejorar la calidad, aplicando el método SMED en una línea de producción, lo que redujo el tiempo de cambio en más del 45 % y aumentó la eficiencia en un 34,42 %. Esto permitió un ahorro de 8 horas de trabajo, concluyendo que la optimización de procesos favorece un mejor aprovechamiento de los recursos y subrayando la importancia del control de procesos en la investigación.

Por su parte, Alanya et al. (2024) identificaron que las micro y pequeñas empresas del sector textil presentan bajos niveles de productividad debido a problemas en el proceso de corte y a la poca integración entre sus actividades. Abordaron este tema utilizando herramientas como el SMED, análisis visual y estándares de desempeño, su resultado fue una reducción del tiempo promedio de procesamiento de 3,40 días a 1,12 días y un aumento en la eficiencia equivalente al 17,18 % de las ventas. Estos resultados demuestran cómo las mejoras organizadas reducen costos de producción y aumentan la eficiencia de la empresa.

Por su parte, Flórez et al. (2024) investigaron como la baja productividad incrementa los costos de producción en las PYMES. Para abordar estos problemas, implementaron principios de manufactura esbelta y herramientas de mejora continua (TPM), como la metodología 5S y programas de mantenimiento preventivo. También utilizaron diagramas de Pareto y mapeo de flujo de valor para la identificación de cuellos de botella, lo que redujo un 3,99 % en variabilidad interna y una del 59 % en el tiempo de entrega. Los hallazgos sugieren que la optimización llega a reducir costos operativos para llegar a haber una eficiencia de los recursos.

En relación con la gestión de costos, Alawaed et al. (2025) diseñaron un modelo basado en la contabilidad del consumo de recursos y el análisis Tear down para resolver problemas relacionados con la distribución de los costos en empresas textiles. Esta propuesta permitió identificar actividades que no generaban valor,

analizar los tiempos de inactividad y mejorar la asignación de recursos para reducir el costo de producción de un lote estándar a 22,64 dólares. Los autores concluyen que un modelo de costos es una herramienta estratégica que contribuye a optimizar los recursos y mejorar el desempeño de la empresa.

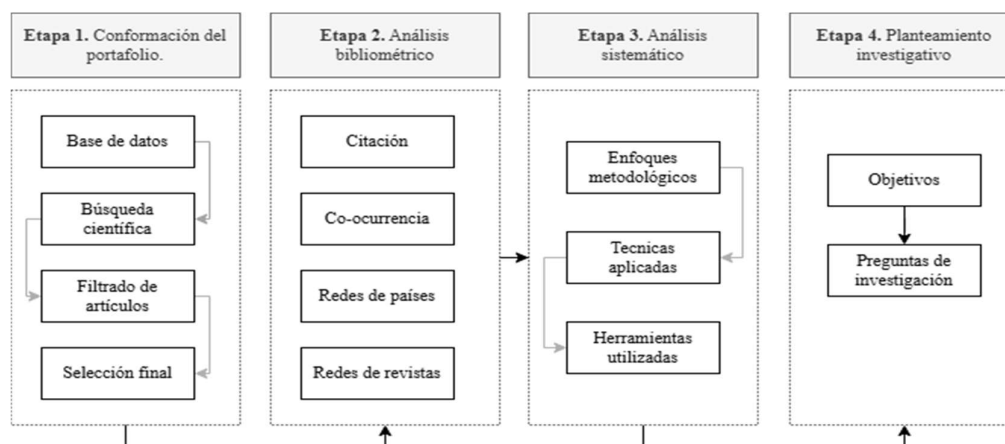
Finalmente, Chávez et al. (2026) analizaron cómo la estandarización de los procesos influye en la productividad de pequeñas empresas de confección, donde la experiencia de los trabajadores tiene un papel importante debido a la falta de procedimientos establecidos. Para lograrlo, se implementó un enfoque de producción ajustada utilizando principios de 5S y Kaizen para optimizar los procesos y la gestión de proyectos. Los resultados que obtuvieron demostraron un aumento de la productividad un 40,23 %, el incremento fue gracias a la participación de los colaboradores y a la incorporación de las prácticas de mejora.

Para Mestiza S.A., un análisis financiero del año fiscal 2024 reveló ingresos de \$2,212,326.53 USD, con costos de ventas de \$101,438.30 USD, resultando en una ganancia bruta de \$2,110,888.23 USD. No obstante, los altos gastos operacionales de \$2,089,705.94 USD redujeron la utilidad antes de impuestos a \$21,182.29 USD, dejando una ganancia neta de solo \$7,771.99 USD, un margen neto del 0.35%. Esto subraya la necesidad urgente de implementar un modelo de costos para mejorar la rentabilidad y optimizar recursos..

1.2. Estado del arte

El estado del arte es esencial para entender investigaciones previas y sintetizar resultados de literatura, ofreciendo una visión integral del campo del conocimiento, para ello, la metodología PRISMA Statement se la utilizará para un análisis riguroso de la literatura científica, ayudando a identificar tendencias y vacíos del conocimiento. Adicionalmente, Page et al. (2021) menciona que las revisiones bibliográficas son cruciales para localizar estudios relevantes y técnicas como el análisis de enlaces crean un mapa del panorama científico, por esta razón se hace uso del proceso Proknow-C que consiste en seleccionar artículos relevantes y compilar bibliografías, siendo su duración variable según los objetivos del proyecto. Finalizando con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) el cual se emplea para priorizar factores y obtener evaluaciones objetivas.

Figura 2. *Etapas del método Proknow – C.*



Nota. El diagrama detalla las fases de conformación del portafolio, análisis bibliométrico, análisis sistemático y planteamiento investigativo.

Se describen los métodos utilizados para generar bibliografías que respaldan el modelo de costos de producción en Mestiza S.A. Se realizó una revisión bibliográfica, seguida de un análisis de las relaciones entre métodos de investigación, autores clave y conceptos fundamentales. También se investigaron enfoques científicos, métodos, técnicas y herramientas, lo que formó la base de las preguntas de investigación del estudio.

1.2.1 Etapa 1: selección de portafolio bibliográfico.

- Base de datos.

En esta etapa, se seleccionan las bases de datos necesarias para obtener registros relevantes para la investigación. Se establecen palabras clave mediante códigos booleanos: (AND) para incluir términos, (OR) para buscar palabras clave, y (NOT) para excluir ciertos términos, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Selección de base de datos.*

Nº	Base de datos	Palabras clave	Documentos
1	Scopus.	TITLE-ABS-KEY ("SME*" OR "PYME*" AND "production cost*" OR "cost model*" OR "costing" AND "productiv*" OR "productivity improvement" AND "lean manufacturing" OR "process control") AND PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2027.	26
2	Web of Science.	TS=("production cost model" OR "costing system*" AND "productivity improvement*" OR "productivity*" AND "SME*")	59

3	Dimensions.	"Production cost model*" OR "cost center*" AND "overhead cost" AND productivity*	49
---	-------------	--	----

Nota. Detalle de los criterios de búsqueda y volumen de documentos encontrados en el proceso investigativo.

Las bases de datos utilizadas para la búsqueda bibliográfica fueron Scopus, Web of Science (WoS) y Dimensions, debido a su prestigio en la literatura científica. Scopus identificó 26 documentos, WoS proporcionó 59 documentos y Dimensions 49, totalizando 134 registros. Estos artículos se depuraron mediante criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los estudios más relevantes, como se detalla en la Tabla 2.

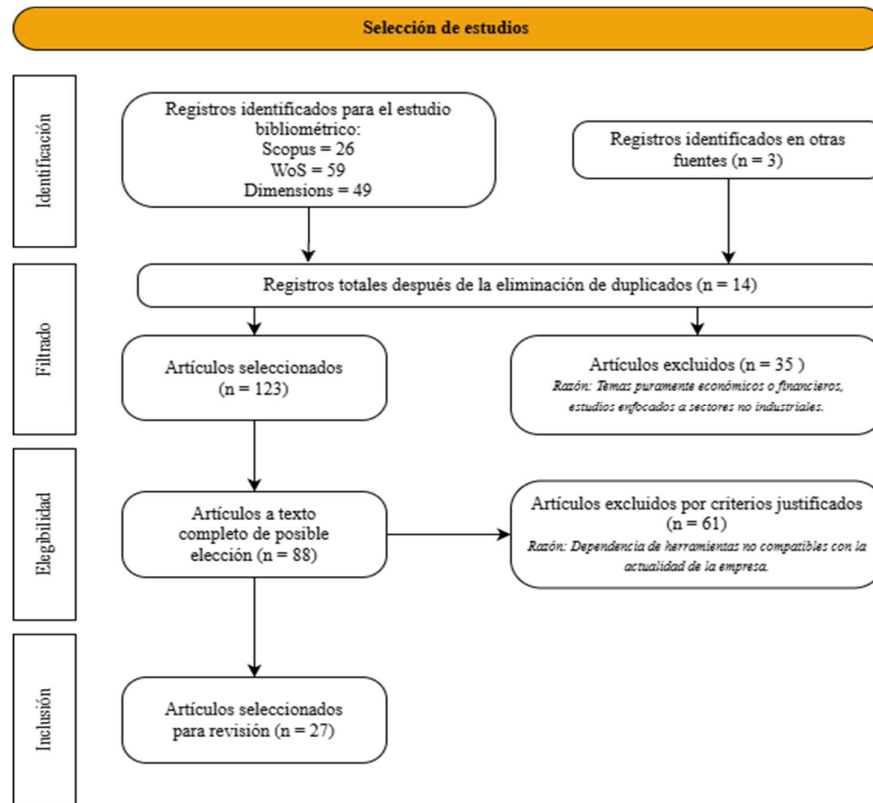
Tabla 2. *Planteamiento de criterios de inclusión y exclusión de publicaciones.*

Criterio	Ítems
Inclusión	1. Artículos científicos publicados entre 2021 y 2026. 2. Documentos indexados en bases de datos como Scopus, Web of Science y Dimensions. 3. Estudios sobre costos de producción, eficiencia productiva o productividad industrial. 4. Investigaciones aplicadas a entornos industriales o sistemas de manufactura. 5. Artículos científicos con metodología definida y resultados verificables. 6. Publicaciones disponibles en inglés o español con acceso a texto completo.
Exclusión	7. Descarte de publicaciones como tesis de grado y postgrado, libros y capítulos de libros. 1. Publicaciones anteriores al año 2020. 2. Investigaciones con temas económicos o financieros sin relación con procesos productivos. 3. Estudios enfocados a sectores no industriales sin relación con sistemas de manufactura. 4. Registros duplicados identificados en más de una base de datos. 5. Artículos cuyo título, resumen o contenido completo no presenten relación directa con el modelo de costos y la productividad.

Nota. Definición de los parámetros para el filtrado de la literatura científica.

Para asegurar la confiabilidad de la investigación, se establecieron criterios de inclusión y exclusión en la búsqueda bibliográfica, incluyendo solo artículos de revistas científicas, evaluados por pares y publicados en los últimos cinco años. Se excluyeron actas de congresos, capítulos de libros, trabajos de titulación y revisiones sistemáticas, enfocándose en estudios originales con metodologías aplicadas y resultados directos.

Figura 3. Filtrado de artículos de investigación.



Nota. El flujograma detalla las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de la literatura científica, siguiendo estándares de calidad metodológica basado en PRISMA.

El flujograma del proceso de selección de estudios para el estado del arte inicia con la búsqueda en Scopus, Web of Science y Dimensión, excluyendo otras fuentes. Se eliminaron 14 duplicados, quedando 123 artículos. Luego, se excluyeron 35 registros que no cumplían criterios de inclusión, y de 88 artículos elegibles, se descartaron 61 tras una revisión detallada. Finalmente, se seleccionaron 27 artículos para una matriz de análisis que registró información clave, facilitando la comparación y comprensión de sus aportes a la investigación.

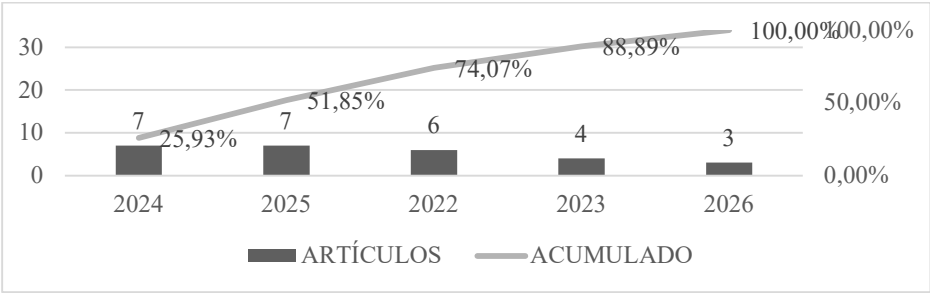
1.1.2. Etapa 2: análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico, según Guaña. (2024), es un método estadístico que evalúa la calidad de la investigación sobre un tema específico. Su objetivo es identificar citas de autores, palabras clave, el factor de impacto de la revista y las relaciones entre países y coautores, facilitando así la interpretación de los 27 artículos seleccionados para el estudio.

- Año de publicación de artículos.

El análisis de la publicación de artículos revela la evolución de la producción científica en relación con el modelo de costos de producción y la productividad, lo que facilita la identificación de tendencias y cambios en el interés investigativo.

Figura 4. *Diagrama de publicación de los artículos seleccionados.*



Nota. Representación gráfica del volumen de artículos científicos publicados por año y su porcentaje acumulado.

Los patrones de publicación indican un aumento en 2024 y 2025, con siete artículos cada año, mientras que en 2022 se publicaron seis sobre buenas prácticas. A pesar de pocas publicaciones en 2023 y 2026 (cuatro y tres artículos, respectivamente), estas contribuyeron significativamente a los indicadores de tiempo y actividad del estudio.

- Análisis de citas.

Se registraron las citas de 27 publicaciones seleccionadas para identificar los estudios más impactantes en el tema de investigación, utilizándose este indicador también para evaluar la relevancia y calidad científica de los artículos, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. *Número de citas.*

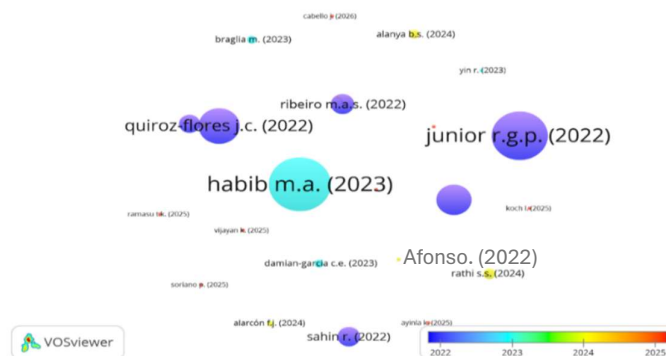
Nº	Autor	Citas	Nº	Autor	Citas
A1	(Afonso et al., 2022)	35	A15	(Habib et al., 2023)	61
A2	(Alanya et al., 2024)	10	A16	(Junior et al., 2022)	55
A3	(Alarcón et al., 2024)	6	A17	(Koch et al., 2025)	2
A4	(Alawaed et al., 2025)	0	A18	(Marcella & Widjajati, 2024)	2
A5	(Awwaliyah et al., 2025)	0	A19	(Melander et al., 2024)	3
A6	(Ayinla et al., 2025)	0	A20	(Quiroz & Vega, 2022)	41
A7	(Braglia et al., 2023)	9	A21	(Ramasu & Kanakana, 2025)	0
A8	(Cabello et al., 2026)	0	A22	(Rathi et al., 2024)	12
A9	(Chavez et al., 2026)	0	A23	(Ribeiro et al., 2022)	23
A10	(El-Gibaly, 2024)	1	A24	(Sahin & Kologlu, 2022)	22

A11	(Florez et al., 2024)	7	A25	(Soriano, 2025)	1
A12	(García et al., 2023)	9	A26	(Vijayan et al., 2025)	0
A13	(Gungor et al., 2026)	0	A27	(Yin et al., 2023)	3
A14	(Guzel & Asiabi, 2022)	21			

Nota. La tabla presenta el impacto bibliométrico de artículos seleccionados, mostrando el nivel de influencia y reconocimiento en la producción científica.

La revisión bibliográfica incluye 363 citaciones, destacando Habib et al. (2023) con 61 citas y Junior et al. (2022) con 55. Otros estudios significativos son los de Quiroz & Vega (2022) con 41 citas, y Afonso et al. (2022) con 35. Se observa que los artículos más recientes tienen menos citas debido al tiempo de su publicación, no a su relevancia, ya que ofrecen información actualizada.

Figura 5. *Análisis de citas de artículos.*



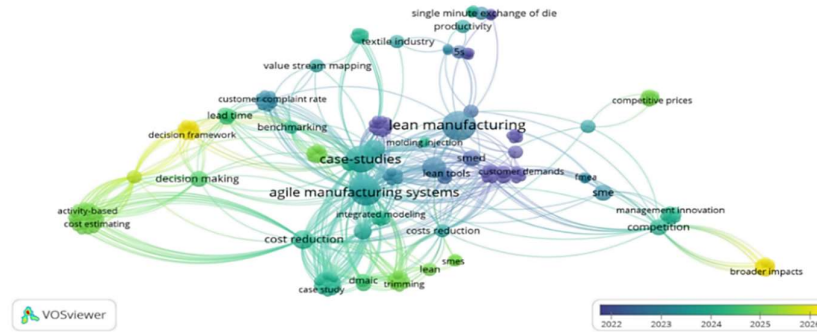
Nota. Mapa bibliométrico que visualiza la interconexión de artículos, evidenciando citas y permanencia temporal mediante el software VOSviewer.

El mapa de citación muestra la mayor concentración de referencias en nodos azules y celestes para 2022 y 2023, destacando a Habib et al. (2023) y Junior et al. (2022) como los más citados. Los nodos naranjas y amarillos, correspondientes a 2024 y 2025, reflejan investigaciones recientes que, aunque con menos citas, aportan información actualizada sobre modelos de costos de producción.

- Análisis de coocurrencia.

La técnica empleada facilitó la identificación de la frecuencia de términos en artículos seleccionados, lo que ayudó a reconocer relaciones temáticas y patrones de investigación. Se creó un mapa conceptual sobre el modelo de costos de producción y la productividad, destacando las tendencias del estudio.

Figura 6. Red de coocurrencia.



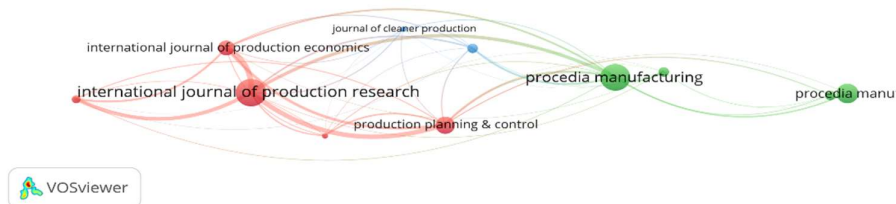
Nota. Mapa bibliométrico generado mediante el software VOSviewer que visualiza la interconexión de palabras clave predominantes permitiendo identificar clústeres temáticos.

El análisis del mapa de coocurrencia muestra que "Lean Manufacturing" y "Agile Manufacturing Systems" son los términos más conectados en la bibliografía. Revela relaciones entre "Set up time", "Production efficiency" y "SMED", enfatizando la optimización de procesos y la mejora de la productividad. Además, las publicaciones de 2025 y 2026 indican un interés en la gestión de costos y eficiencia operativa reciente.

- Análisis de acoplamiento bibliográfico entre revistas.

El acoplamiento bibliográfico evalúa las relaciones entre tres revistas científicas mediante las referencias compartidas, identificando afinidades temáticas y un interés común en el área de investigación. Esta técnica permite crear un mapa de las conexiones e interrelaciones entre las publicaciones seleccionadas.

Figura 7. Acoplamiento bibliográfico entre revistas.



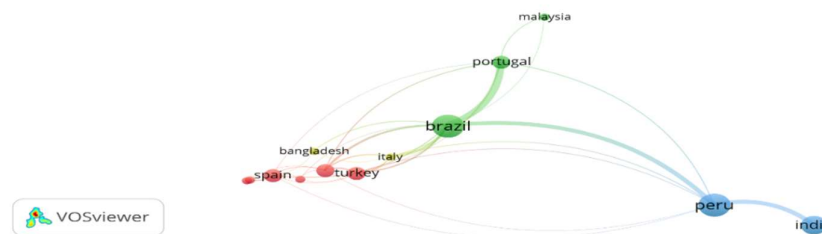
Nota. Mapa bibliográfico elaborado con el software VOSviewer que muestra el acoplamiento bibliográfico entre fuentes de publicación, ayudando a identificar redes de citación y temas comunes entre revistas académicas.

Los datos de acoplamiento bibliográfico se clasifican en tres nodos: el nodo rojo “International Journal of Production Research” (5) que abarca tecnologías de manufactura, el nodo verde “procedia manufacturing” (3) con citas compartidas significativas, y el nodo rojo “production planning y control” (2) que conecta con la optimización operativa. Esto indica que el portafolio bibliográfico une la planificación de la producción y las tecnologías.

- Análisis entre países.

La técnica descrita se emplea para examinar la colaboración y el intercambio entre países en la investigación científica, enfocándose en la frecuencia de publicaciones conjuntas y el impacto de las contribuciones de los autores a los logros científicos internacionales.

Figura 8. *Relación entre países.*



Nota. Mapa de visualización bibliométrica elaborado con el software VOSviewer que muestra la red de cooperación internacional en producción científica, vinculando coautoría e intercambio de conocimiento.

En el mapa de la Figura 8 se destaca la distribución de los artículos científicos en los países como Brasil y Perú que contribuyen con 4 artículos cada uno, seguidos por el país de India con 3 artículos. Esta distribución refleja un impacto tecnológico significativo para la investigación, como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. *Países colaboradores.*

Grupo 1	Artículos	Grupo 2	Artículos
Brasil.	4	Reino Unido.	2
Perú.	4	Portugal.	2
India.	3	Turquía.	2
España.	2		

Nota. Clasificación de los países líderes del portafolio seleccionado.

La Tabla 4 indica que Brasil lidera en cantidad de artículos producidos, seguido por Perú. India contribuye con tres publicaciones y otros países con dos, lo que demuestra que la diversidad de enfoques para mejorar la eficiencia de procesos se concentra en estos países.

1.2.3. Etapa 3: análisis sistemático

El análisis del portafolio bibliográfico enfatiza la importancia de los marcos de gestión de costos de producción y la selección de herramientas adecuadas. Se emplean enfoques mixtos que combinan análisis estadístico, observación directa y metodologías como Lean Manufacturing y técnicas DMAIC y FMEA para optimizar procesos y costos. Además, se utilizan análisis de tiempos, entrevistas y programas informáticos para aumentar la productividad y reducir costos.

- Enfoques de investigación.

El análisis metodológico clasificó los artículos en cuantitativos, cualitativos o mixtos, identificando tendencias en las investigaciones del tema de estudio, reflejado en el conteo presentado en la Tabla 5.

Tabla 5. *Enfoques utilizados en los artículos.*

Enfoque	Conteo	Total
Cuantitativo.	A5, A10, A21.	3
Cualitativo.		0
Mixto.	A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A22, A23, A24, A25, A26, A27.	24

Nota. Se clasifican los documentos de acuerdo con el enfoque investigativo, destacando que predominan los estudios cuantitativos.

La revisión de los métodos reveló una metodología mixta, encontrándose 24 de 27 artículos. Además, tres estudios utilizaron un método de encuesta, pero ninguno empleo un método de encuesta simple, esto indica que, en esos estudios, se requiere un análisis más profundo del proceso de diseño, así como una investigación exploratoria y evaluativa, para comprender plenamente los cambios.

- Técnicas aplicadas.

El análisis de técnicas en la revisión sistemática permite clasificar y aplicar métodos en investigaciones previas, lo que fortalece el marco metodológico del estudio actual. También, identifica brechas de conocimiento y fomenta propuestas innovadoras en el modelo de costos de producción y productividad, como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. *Revisión de técnicas aplicadas en los artículos.*

Nº	Técnica	Artículos	Total
1	Mejora operativa integrada.	A1, A2, A3, A7, A9, A11, A12, A14, A16, A17, A18, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26.	18
2	Gestión de costos.	A4, A5, A6, A10.	4
3	Modelos de decisión y optimización.	A8, A27.	2
4	Análisis y mapeo de procesos.	A13, A15.	2
5	Gestión estratégica organizacional.	A19.	1

Nota. Las herramientas metodológicas utilizadas en los estudios revisados se clasifican de acuerdo con su aplicación.

La mejora operativa integrada, mencionada en 18 artículos, utiliza herramientas como Lean Manufacturing, Six Sigma y SMED para ser más eficientes y reducir desperdicios. Solo 4 artículos tratan costos, mostrando desconexión entre mejoras y gestión económica. Se propone un modelo que combine optimización y gestión de costos, con una evaluación comparativa usando el método AHP de Saaty (2008).

Figura 9. *Técnicas planteadas para AHP.*

Objetivo	Alternativa	Simbología
Sistematizar el estado de arte mediante la revisión bibliográfica de 27 artículos científicos para la fundamentación del modelo de costos de producción para la mejora de la productividad.	Mejora operativa integral.	M.O.I
	Gestión de costos.	G.C.
	Modelo de decisión y optimización.	MOD.O
	Análisis de procesos.	A.P.
	Gestión estratégica organizacional.	G.E.O

Nota. Representación de la estructura del modelo jerárquico de la investigación relacionado con el objetivo de sistematización del estado del arte.

El diagrama facilita la construcción de matrices de comparación mediante la escala de Saaty (2008), que asigna valores numéricos para expresar la importancia relativa de criterios. En esta escala, 1 indica igual importancia y 9, importancia extrema. A través de comparaciones por pares, se pueden determinar los pesos relativos de cada técnica y su impacto en el análisis, según se detalla en el Anexo 2.

Tabla 7. *Matriz de juicios (AHP).*

Técnicas	M.O.I	G.C	AP	MO. D.O	G.E.O
M.O.I	1	1/3	3	3	5
G.C	3	1	5	5	7
AP	1/3	1/5	1	1/2	3
MO. D.O	1/3	1/5	2	1	5
G.E.O	1/5	1/7	1/3	1/5	1
Suma	4,87	1,88	11,33	9,70	21,00

Nota. Cuantificación de las preferencias relativas entre los criterios evaluador mediante la escala fundamental de Saaty.

La gestión de costos es crucial para incrementar la productividad y eficiencia, complementada por la optimización de procesos mediante métodos de Lean Manufacturing. El análisis de procesos y el marco de decisiones son fundamentales para identificar oportunidades de mejora.

Tabla 8. *Matriz de ponderación (AHP).*

Técnicas	Matriz ponderada					
M.O.I	0,205	0,178	0,265	0,309	0,238	
G.C	0,616	0,533	0,441	0,515	0,333	
AP	0,068	0,107	0,088	0,052	0,143	
MO. D.O	0,068	0,107	0,176	0,103	0,238	
G.E.O	0,041	0,076	0,029	0,021	0,048	

Nota. Valores normalizados mediante división para comparaciones uniformes.

La mejora del rendimiento está vinculada al control de costos, que es esencial para optimizarlo y elevar la calidad. Es crucial examinar las actitudes y procesos de toma de decisiones, reflejando un enfoque creciente de las investigaciones en estos aspectos.

Tabla 9. *Clasificación y consistencia de las técnicas.*

Técnicas	Suma	Ponderación	%	Calificación
M.O.I	1,195	0,239	23,90%	2
G.C	2,439	0,488	48,79%	1
AP	0,458	0,092	9,15%	4

MO.	0,693	0,139	13,86%	3
D.O				
G.E.O	0,215	0,043	4,30%	5
Técnicas	5,000	1,000	100%	
	Landa Max	5,363	ICA	1,12
	IC	0,091	CR	0,081
	Validez		ACEPTABLE	

Nota. Resultados finales del AHP que establecen el orden de prioridad de las técnicas evaluadas.

Los resultados indican que la gestión de costos es la técnica más influyente con un 48,79%, seguida por la mejora operativa integral (23,09%), el modelo de decisión y optimización (13,86%) y el análisis de procesos (9,15%). La gestión estratégica organizacional tiene el impacto más bajo (4,30%). El método AHP muestra un índice de consistencia de 0,091 y un valor λ máx. de 5,363, validando la coherencia y confiabilidad del análisis para la toma de decisiones en el modelo propuesto.

- Instrumentos aplicados.

Se establece una clasificación de instrumentos identificados en artículos científicos según su importancia en el tema de investigación, lo que permite identificar tendencias en el proceso de extracción de datos sobre herramientas.

Tabla 10. *Instrumentos y técnicas aplicadas en los artículos seleccionados.*

Herramientas	Artículos	Nº
Herramientas Lean.	A1, A2, A3, A7, A9, A11, A12, A14, A16, A17, A20, A21, A22, A23, A25, A26, A15, A27.	18
Análisis de tiempos.	A1, A7, A9, A11, A12, A14, A16, A18, A20, A21, A22, A23, A24, A26, A5, A6, A15.	17
Análisis estadístico.	A3, A17.	2
Análisis financiero.	A2, A4.	2
Modelo matemático.	A10, A27.	2
Observación directa.	A7, A11, A18, A21, A22, A23, A24, A4, A5, A6, A27, A13, A15, A19.	14
Cuestionarios.	A1, A9, A16, A18, A25, A26, A8.	7
Entrevistas.	A24, A25, A4, A5, A6, A13, A19.	7
Modelos de simulación.	A12, A2, A20.	3
Software de análisis.	A10, A8.	2

Nota. Herramientas Lean y análisis de tiempos, son los más comunes utilizadas para mejorar los procesos y aumentar la eficiencia.

El análisis indica que las herramientas más comunes para evaluar la productividad son Lean, el análisis de tiempos y la observación directa, mientras que

el uso de software y modelos matemáticos es muy limitado. Se aplicó un análisis ABC de frecuencia antes del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para clasificar los instrumentos, facilitando un modelo AHP más preciso mediante el principio de Pareto (Ver anexo 3).

Tabla 11. *Clasificación de pesos por herramienta.*

Técnica	Peso global	Herramienta	Peso unitario	Landa	CR	Peso Global	%	Clasificación
Mejora operativa integrada.	M.O.I. 1	Herramientas Lean.	0,2598551	5,011	0,003	0,0621	6,21%	4
	M.O.I. 2	Cuestionarios	0,2598551			0,0621	6,21%	5
	M.O.I. 3	Análisis de tiempos.	0,1382609			0,0331	3,31%	7
	M.O.I. 4	Modelos de simulación.	0,0821739			0,0196	1,96%	8
	M.O.I. 5	Observación directa.	0,2598551			0,0621	6,21%	6
Gestión de costos.	G.C 1	Entrevistas.	0,1666667	2,000	0,000	0,0813	8,13%	3
	G.C 2	Análisis financiero.	0,8333333			0,4066	40,66%	1
Modelos de optimización y decisión.	MO.D.O 1	Modelos matemáticos.	1	0	0,000	0,1386	13,86%	2

Nota. Consolidación de la jerarquía final de las herramientas de investigación mediante el cálculo del peso global relativo.

El análisis financiero es fundamental, representando un 40,66% del estudio para mejorar la productividad. Los modelos matemáticos aportan un 13,86%. En la mejora operativa integrada, Lean, cuestionarios y observación directa tienen un peso del 6,21% cada uno, mientras que los modelos de simulación son de menor relevancia.

1.2.2 Etapa 4: planteamiento investigativo

- Preguntas de investigación.

El desarrollo de preguntas de investigación requiere establecer objetivos que aseguren la cobertura de aspectos relevantes del tema de estudio, alineándose con la metodología de revisión bibliométrica para guiar el análisis de la síntesis de información, como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. *Objetivos para revisión.*

Objetivos para revisión	
OB1.	Estructurar una revisión sistemática mediante técnicas pertinentes para la selección de documentos con relación al modelo de costos.
OB2.	Analizar el portafolio bibliográfico mediante un estudio bibliométrico hacia el grado de interés y tendencias de optimización en la productividad.
OB3.	Jerarquizar las técnicas y herramientas de gestión mediante los métodos AHP y ABC para su integración.

Nota. La tabla representa la ruta secuencial de los objetivos propuestos para la fase de revisión.

La investigación se enfoca en clasificar literatura relevante, evaluar avances tecnológicos y modelos matemáticos en producción industrial, y filtrar herramientas costo-beneficio para Mestiza S.A. Las preguntas formuladas ayudan en la gestión de información y recopilación de datos, mejorando la productividad a través de un modelo de costos práctico.

Tabla 13. *Preguntas de investigación.*

Preguntas de investigación	
P1.	¿Cuáles son los artículos que pueden fundamentar la estructura del modelo de costos propuesto? OB1.
P2.	¿Cuál es la tendencia de publicaciones en los últimos 5 años dentro del portafolio bibliográfico? OB2.
P3.	¿Cuál es el nivel de relevancia de las técnicas de gestión identificadas para asegurar la eficiencia del modelo de costos? OB3.
P4.	¿En qué medida la jerarquización de instrumentos mediante AHP garantiza una mejora en la toma de decisiones operativas en la empresa Mestiza S.A?

Nota. Relación entre las interrogantes del estudio y los objetivos específicos.

La primera pregunta 1: **¿Cuáles son los artículos que pueden fundamentar la estructura del modelo de costos propuesto?** De acuerdo con la selección del portafolio bibliográfico, da un resultado de 27 artículos publicados en los últimos 5 años, encontrados en las diferentes bases de datos (Scopus, WoS y Dimensions). Estos artículos actúan como referentes métricos validando la cooperación entre las variables de costeo y los indicadores de productividad que se da uso en el desarrollo del modelo de costos en la empresa.

Para la segunda pregunta 2: **¿Cuál es la tendencia de publicaciones en los últimos 5 años dentro del portafolio bibliográfico?** El portafolio bibliográfico para el objetivo OB2 indica que entre 2024 y 2025 se concentrará el 51,85% de la

producción, con 7 artículos anuales sobre optimización avanzada. En 2022 se publicaron 6 artículos (22,22%) centrados en eficiencia operativa y Lean Manufacturing. Los años 2023 y 2026 aportarán 3 artículos cada uno, esenciales para implementar metodologías de costeo basado en el tiempo (TDABC), asegurando rigor técnico y un buen volumen de fuentes recientes en la gestión de recursos anuales.

Para la tercer pregunta 3: **¿Cuál es el nivel de relevancia de las técnicas de gestión identificadas para asegurar la eficiencia del modelo de costos?** La gestión de costos (G.C) es la técnica más relevante para el objetivo OB3, con un 48,79 %, seguida por la mejora operativa integrada (M.O.I) con un 23,90 %. El análisis de procesos (AHP) y los modelos de decisión y optimización (MO.D.O) tienen importancias intermedias de 9,15 % y 13,86 %, respectivamente. La gestión estratégica (G.E.O) es la menos relevante, con un 4,30 %, indicando que la eficacia del modelo se fundamenta más en factores financieros y operativos que en directrices administrativas.

Por último, la cuarta pregunta 4: **¿En qué medida la jerarquización de instrumentos mediante AHP garantiza una mejora en la toma de decisiones operativas en la empresa Mestiza S.A?** El análisis financiero es vital para Mestiza S.A., con una importancia del 40,66 % en su modelo, seguido por modelos matemáticos (13,86 %). Herramientas Lean, análisis de tiempos y simulación también son relevantes (6,21 % cada una), mejorando la operatividad y productividad, y facilitando la identificación de oportunidades de mejora en costos y eficiencia en los procesos.

1.3. Discusión del estado del arte

La revisión sistemática realizada a 132 artículos científicos seleccionados de Scopues, WoS y Dimensions, dio como resultado la conformación de un portafolio de 27 artículos relevantes para el tema de investigación según las directrices PRIMs. Se resalta la conexión entre los costos de producción y los indicadores de productividad, enfatizando los aportes de Habib et al. (2023) y Junior et al. (2022) sobre esquemas de costeo. La herramienta Lean Manufacturing, junto con la técnica TDABC, es crucial, destacando a Brasil, Perú, e India como líderes. El uso del método AHP permitió seleccionar herramientas que ayuden a crear un modelo de costos de producción que estén de acuerdo con los objetivos. En este sentido, (Ayinla et al., 2025)

$$CCR_r = \frac{TC_r}{PC_r} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

CCR_r = tasa de costo de capacidad del recurso.

TC_r = costo total de la capacidad suministrada por el recurso.

PC_r = Capacidad práctica del recurso (Ejemplo: mano de obra, decisión de maquinaria, energía).

$$T^p = \sum_{i=1}^n \beta_i^p * X_i^p \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

T^p = Tiempo total del proceso.

β_i^p = Duración estimada por unidad del generador de tiempo para la actividad.

X_i^p = Valor del generador de tiempo para la actividad i en el objeto de costo.

$$CD^i = \sum_{j=1}^n \alpha_j^i * CCR_j^i \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

CD^i = Tiempo total del proceso estimado.

α_j^i = Proporción del recurso j por minuto empleado para la actividad i.

CCR_j^i = Costo por minuto del recurso j empleado en la actividad i.

1.4. Marco conceptual

Tabla 14. Terminología y definición.

Nº	Terminología	Definición	Referencia
1	Costo de producción.	Es el conjunto de gastos y recursos económicos en los que incurre una empresa durante el proceso de fabricación de bienes o la prestación de servicios.	(El-Gibaly, 2024).
2	Manufactura esbelta.	Es una estrategia empresarial que busca eliminar el desperdicio y las actividades de un producto que no aportan valor, con el objetivo de lograr eficiencia en las operaciones y la producción.	(Junior et al., 2022).
3	Productividad.	Un indicador del nivel de calidad del producto basado en los materiales utilizados en su fabricación.	(García et al., 2023).
4	Reprocesos.	Se trata de aquellas actividades que son de reparar o reprocesar productos que no cumplen con los estándares de calidad.	(Ribeiro et al., 2022).

5	Actividades sin valor agregado.	Son actividades que consumen tiempo y generan costos para la empresa, pero no aportan ningún beneficio ni aumentan el valor del producto final para el cliente.	(Sahin & Kologlu, 2022).
6	Eficiencia general de los equipos.	Es un indicador que evalúa é tan eficiente es una máquina o equipo de producción, según su disponibilidad, rendimiento y calidad.	(Quiroz& Vega, 2022).
7	Centro de costos.	Representa un área de responsabilidad dentro de la empresa donde se consumen recursos para llevar a cabo actividades necesarias para la operación.	(Alawaed et al., 2025).

Nota. Glosario técnico estableciendo un marco conceptual unificado sobre sistemas de costeo y filosofías de producción.

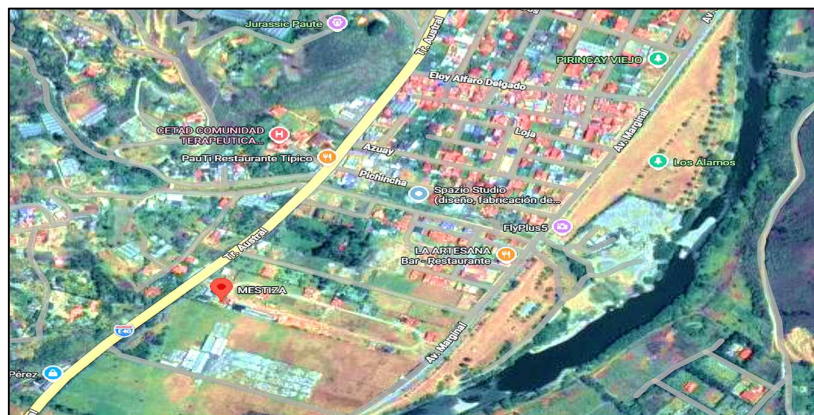
1.5. Descripción de la empresa

1.5.1. Empresa Cerámica Mestiza S.A.

La empresa Cerámica Mestiza S.A., se fundó el 3 de mayo del 2012, a partir de un proyecto del 2009 liderado por el Sr. Pedro Crespo Alvarado para promover la arquitectura tradicional en el sur de Ecuador. En colaboración con la Universidad de Loja, han perfeccionado el proceso de cocción, logrando piezas más resistentes que cumplen con los estándares internacionales; ubicada en Paute, Azuay, la empresa ha impulsado la económica local, generando empleos y se ha consolidado como líder en la producción de macetas y decoración interior, con presencia en Estados Unidos y Europa.

1.5.2. Ubicación de la empresa Mestiza S.A.

Figura 10. Ubicación de la empresa Mestiza S.A.



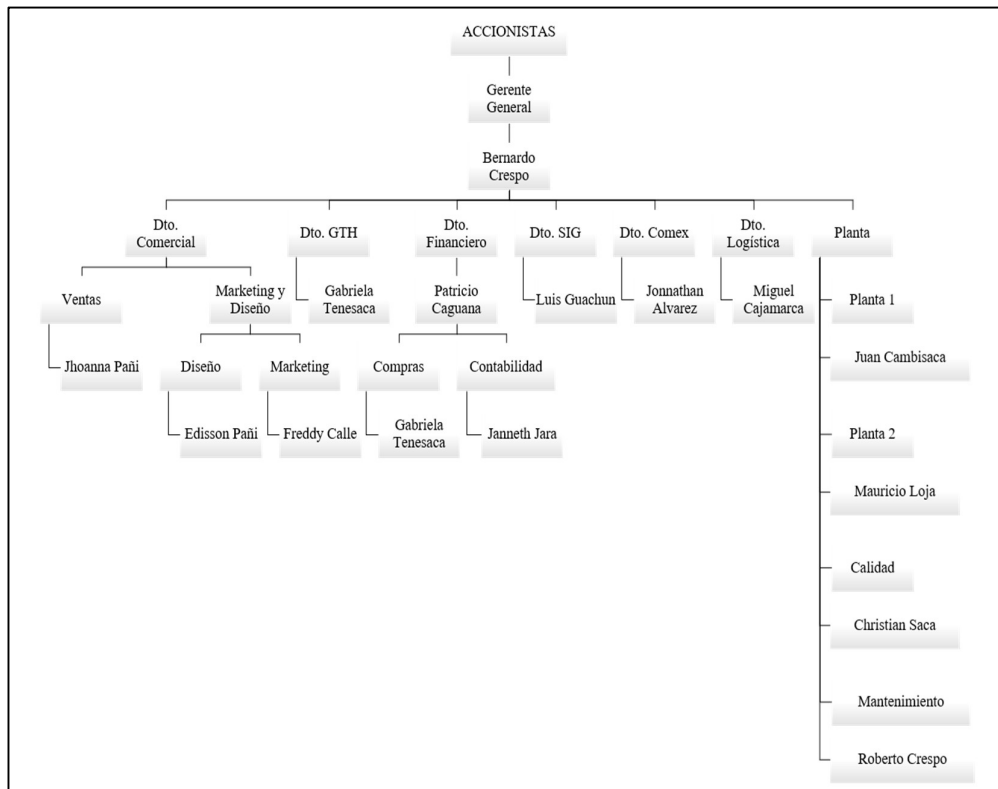
Nota. Vista satelital del área urbana donde se localizan las instalaciones operativas de la organización, delimitada por la troncal Austral en el cantón Paute. Adaptado de Google Maps (2026).

La empresa Mestiza S.A. se ubica en el cantón Paute, Azuay, específicamente en el sector Pirincay, lo que les proporciona acceso a canteras locales de arcilla roja, su principal materia prima. Además, cuenta con un nodo comercial y administrativo en Cuenca, en la parroquia San Joaquín, permitiendo la concentración de manufactura pesada en Paute y la gestión de exportaciones y atención al cliente desde Cuenca.

1.5.3. Organigrama

Un organigrama es una representación de la estructura interna y jerárquica de una organización que detalla las relaciones entre sus distintos departamentos y miembros (Alanya et al., 2024). A continuación, se presenta el organigrama de la empresa Mestiza S.A., en la Figura 11.

Figura 11. Organigrama de la empresa.

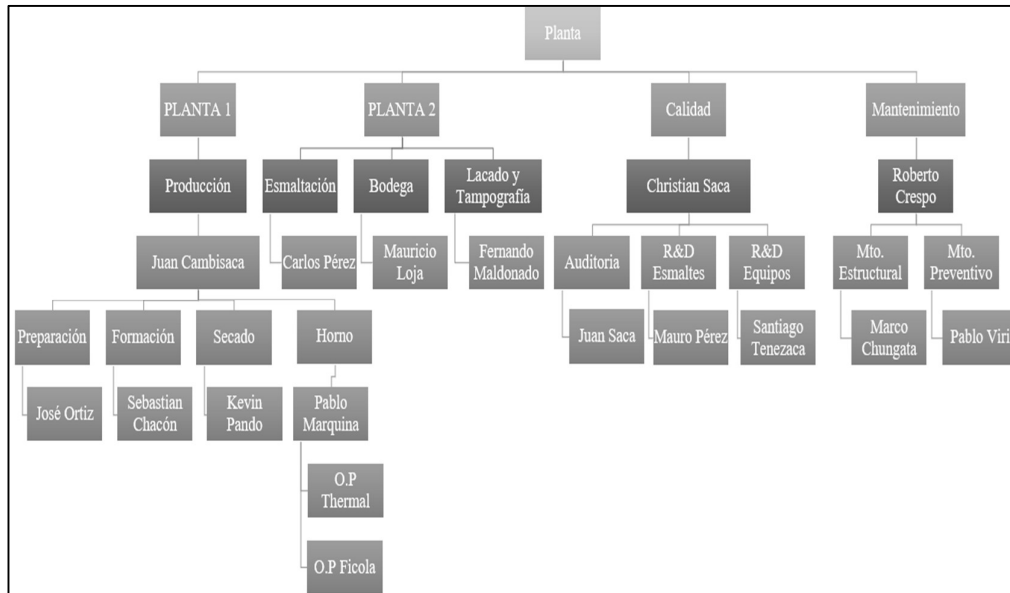


Nota. Estructura jerárquica y distribución de los departamentos operativos de la organización. Adaptado de los documentos internos de la empresa Mestiza S.A. (2026).

La Figura 11, representa la distribución de tipo jerárquica y funcional, facilitando la delimitación de las áreas clave para el diseño del modelo de costos. Esta

clasificación permite reconocer los diferentes centros de actividad y distribuir de manera organizada la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. La integración de las áreas de producción, calidad y mantenimiento dentro de una estructura definida facilita el seguimiento de los procesos y permite medir indicadores relacionados con la productividad del personal y la eficiencia operativa.

Figura 12. *Organigrama de la producción.*



Nota. Estructura operativa y distribución jerárquica del personal en los bloques de manufactura. Adaptado de los documentos internos de la empresa Mestiza S.A. (2026).

La Figura 12, detalla la asignación del personal en los centros de actividad de la planta, esto es esencial para la distribución de la mano de obra directa e indirecta según el modelo de costos. La segmentación en Planta 1 y Planta 2, permite calcular el costo unitario por etapa del proceso cerámico. Subáreas como auditoría, investigación y desarrollo, mantenimiento preventivo, proporcionan datos operativos para monitorear los indicadores de calidad, rendimiento de materiales y disponibilidad de equipos, apoyando la evaluación de la productividad en la empresa.

1.5.4. Procesos de la línea THD

1.5.4.1. Selección y dosificación de arcillas

La etapa comienza con la recepción y caracterización de tres variedades de arcillas autóctonas extraídas del Austro ecuatoriano, específicamente: Jadán, Taday y Pacheco. Cabe destacar que cada uno de estos insumos proporciona atributos físicos-

químicos particulares, tales como la plasticidad, resistencia mecánica y color de quema, los cuales resultan determinantes para la calidad del producto cerámico final. La mezcla en bruto es cargada en un carro industrial manual con tolva de volteo profundo, este equipo es conducido directamente por un operario para el área de molienda.

Figura 13. *Selección de arcillas.*



Nota. Inspección visual y muestreo técnico de los montículos de arcillas.

1.5.4.2. Molienda y homogeneización

Una vez pesadas y dosificadas las arcillas en las proporciones establecidas según la fórmula: Jadán (40 %) + Pacheco (30 %) + Taday (30 %) + Chamota (5 %) + reciclado (20 %). El proceso inicia en el área de molienda de arcilla, donde se reduce el tamaño de las partículas y se eliminan los terrones presentes en la materia prima. Durante esta etapa, la arcilla se mezcla con agua para formar una suspensión denominada barbotina. Después, la mezcla es bombeada y almacenada en cisternas con agitación continua, las cuales evitan que las partículas sólidas se acumulen en el fondo y permiten mantener una densidad y viscosidad uniformes antes de continuar con el proceso de filtrado en las filtro prensas.

Figura 14. *Molienda.*



Nota. Estación del proceso de molienda encargada en la reducción del tamaño de las partículas de las arcillas y aditivos mediante fricción e impacto.

1.5.4.3. Filtro prensas

Posteriormente, la pasta cerámica se transporta desde las cisternas de agitación hacia el sistema de filtro prensa mediante una bomba de desplazamiento positivo. Cabe señalar que este equipamiento está integrado por placas metálicas y paños de filtración, cuya función técnica es facilitar la separación del agua de las partículas sólidas. Bajo esta óptica, mientras que el agua se drena sistemáticamente hacia los canales de recolección, la arcilla queda retenida para compactarse en una pasta. Por último, al concluir el ciclo, las “tortas” (conocidos informalmente por los operarios) se extraen y acopian en columnas de 24 y 17 unidades según su tamaño, asegurando un suministro estandarizado para la etapa de extrusión.

Figura 15. *Filtro prensas y "tortas".*



Nota. Formación de tortas optimizando el porcentaje de humedad antes de ir al proceso de extruder.

1.5.4.4. Extruder

Una vez concluido el proceso de filtro prensas, las tortas de arcillas alimentan a la máquina extrusora mediante una tolva.

- La fase inicial de la producción de pasta cerámica implica la desaireación mediante un sistema de vacío para eliminar burbujas de aire, crucial para prevenir fallas estructurales y explosiones en la quema. El material se convierte en cilindros y se organiza en pallets según peso y tamaño, utilizando protectores plásticos para mantener la humedad adecuada en los "chorizos".
- El proceso de producción de chorizos inicia con el reingreso de los que estaban en reposo al extruder, utilizando su tolva. El personal calibra y ajusta manualmente la boquilla de salida de la extrusora para adaptarla a las dimensiones programadas, garantizando que los insumos producidos cumplan

con el volumen volumétrico requerido y mantengan una presión exacta en diámetro y longitud.

Figura 16. *Extruder y formación de chorizos.*



Nota. Proceso de extrusión encargado de compactar y moldear la pasta cerámica en chorizos para su posterior seccionamiento.

1.5.4.5. Cortadora

Después de la extrusión de cilindros de arcilla, un sensor automatizado realiza cortes longitudinales. El material se transporta por una mesa de rodillos con un sistema de hilos tensados. Los operadores calibran la longitud de los alambres con martillos y pie de rey para asegurar precisión en los espacios. En la formación de “tacos”, un trabajador alimenta el extrusor y otro corta, da forma y los acomoda en el carrito para el siguiente proceso.

Figura 17. *Proceso de corte.*



Nota. Proceso donde los operarios realizan el seccionamiento de los tacos antes de su formación.

1.5.4.6. Formación y corte de sobrantes

El proceso de formación de piezas cerámicas implica tres prensas industriales que operan en paralelo. La "prensa azul" crea macetas de tamaños entre 4 y 11, la

"prensa champoy" produce macetas 20, 25 y platos 19, y la "prensa bicentini" se usa para platos y macetas grandes. Tres trabajadores participan en el proceso: uno coloca los tacos de arcilla, otro realiza el desbordado manual y organiza los productos, y el tercero cambia los carros para mantener un flujo de trabajo eficiente.

Figura 18. *Formación de las piezas.*



Nota. Proceso de formación mediante prensas hidráulicas, incluyendo la disposición organizada de los lotes en estanterías móviles para su posterior transferencia a la zona de secado.

1.5.4.7. Secado

El secado de piezas cerámicas varía según el diámetro, geometría y tipo de pasta. Se distinguen tres métodos: aprovechamiento del remanente térmico de hornos, ventilación ambiental y secado directo. Estos métodos controlan la humedad y tiempos de secado, que dependen del tamaño de las piezas: 14 a 20 horas para productos pequeños, alrededor de 20 horas para medianos, y 72 horas para artículos grandes, utilizando secaderos aéreos. Esta estrategia minimiza tensiones internas y grietas antes de la cocción.

Figura 19. *Secaderos.*



Nota. Organización de los lotes de producción en estanterías fijas bajo un sistema de ventilación para la eliminación progresiva del agua intergranular de las piezas crudas.

1.5.4.8. Horno

Tras el secado, los elementos verificados pasan aglomeración administrada mediante un sistema dúplex de quemas que optimiza la capacidad de los hornos y reduce costos por quema. El horno fícola puede producir aproximadamente 6 toneladas en 12 horas con 4 operarios, mientras que el horno Thermal, puede producir 3,5 toneladas en 10 horas con 2 operarios y un quemador independiente. Para mejorar la transferencia del calor se divide en tres capas: el inferior para artículos volumétricos de gran tamaño, el medio para piezas intermedias, y el superior para piezas planas. Estas 39 estrategias técnicas garantizan un flujo homogéneo de los gases de combustión y un balance de masa equilibrado, minimizando el consumo energético (Anexo 5).

1.5.4.9. Bodega

Tras la quema en los hornos, las piezas cerámicas pasan por una estabilización térmica controlada para evitar fisuras por choque térmico. Luego, se trasladan al área de bodega para el acabado con laca, lo que asegura impermeabilidad, durabilidad y estética. Finalmente, un sistema automatizado de empaquetado con película plástica termo encogible protege las piezas pequeñas, mientras que las grandes se agrupan en cajones de pallets para su distribución y exportación.

Figura 20. *Almacenamiento de las piezas.*



Nota. Organización de las piezas cerámicas, utilizando envolturas de película estirable y cartón corrugado para asegurar la estabilidad estructural de los lotes antes de su despacho.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque de investigación

La selección del enfoque investigativo, según Pilcher & Cortazzi, (2023), se basa en una justificación metodológica que distingue entre métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos. El método cuantitativo se centra en el análisis matemático de datos, mientras que el cualitativo se orienta a la interpretación de experiencias. El enfoque mixto combina ambos, permitiendo obtener datos métricos y hallazgos subjetivos, lo que fortalece el análisis de la relación entre costos de producción y productividad. Los datos cuantitativos mediarán estas variables, y la información cualitativa ayudará a identificar los factores que influyen en su comportamiento.

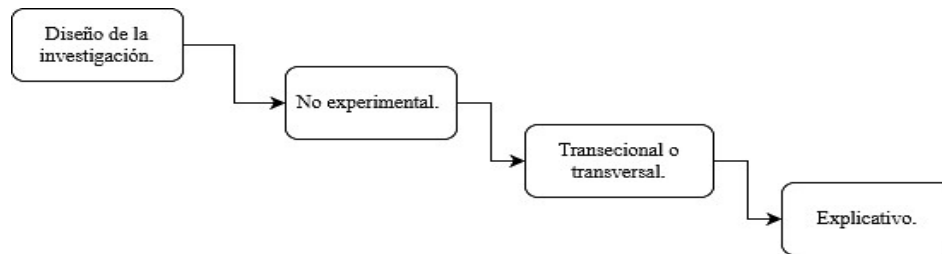
2.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación se caracteriza por la integración de métodos que ajustan eficientemente preguntas y objetivos. Según Pilcher & Cortazzi, (2023), se clasifica en tipos como concurrentes y secuenciales. Este estudio utiliza un Diseño anidado o incrustado concurrente de modelo dominante (DIAC), que permite la recolección y análisis simultáneo de datos cuantitativos, priorizando la ruta cuantitativa para medir costos, mientras que el aspecto cualitativo explora experiencias técnicas del personal, conforme a García et al. (2023).

Variables del diseño de investigación:

- No experimental: permite recolectar datos reales y situaciones ya existentes dentro de la empresa para fundamentar una propuesta de mejora con base en hechos tangibles.
- Transeccional o transversal: facilita el análisis del estado actual, de la organización, permitiendo que el modelo de optimización responda de manera eficiente a las necesidades inmediatas detectadas durante el estudio.
- Explicativo: la investigación no solo identifica brechas operativas, además explica las razones técnicas de las mismas utilizando el modelo propuesto como la solución lógica a dichas causas.

Figura 21. *Diseño de la investigación.*



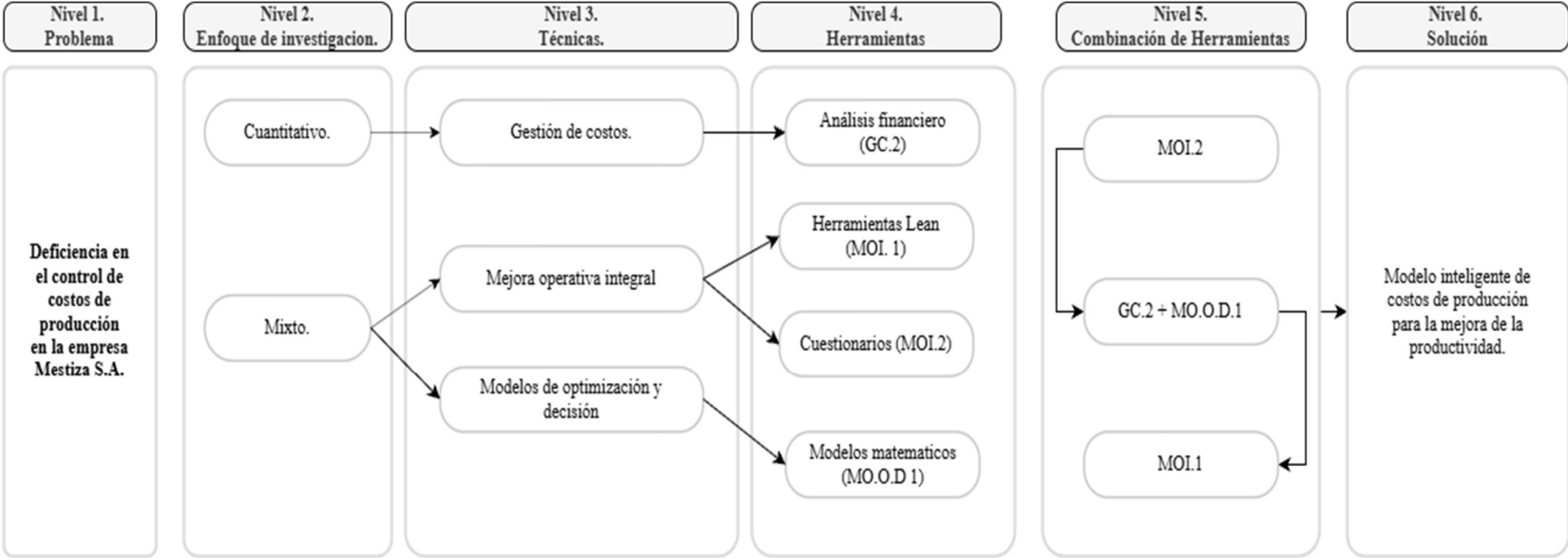
Nota. Estructura metodológica que define el alcance no experimental y transversal del estudio, orientado a un nivel explicativo para determinar la incidencia de la gestión de costos sobre los índices de productividad.

El diseño adoptado permite transitar desde la observación de los costos industriales hacia la comprensión profunda de su impacto en el rendimiento operativo, garantizando que el modelo propuesto no sea solo una descripción, sino una solución causal a las deficiencias detectadas en la productividad.

2.3. Protocolo de investigación

Un protocolo de investigación, también conocido como proyecto de investigación, es un documento con un elevado contenido científico que sirve como una pauta de seguimiento y construcción para la investigación que se pretende realizar (Tunal, 2022). En este sentido, respecto al protocolo de investigación de la Figura 11 del capítulo I, se procedió a realizar un protocolo de investigación final como se observa en la figura.

Figura 22. *Protocolo final de investigación.*



Nota. Representación sistemática para la investigación incluye planteamiento de problema, enfoques metodológicos, técnicas y herramientas para la consolidación de un modelo inteligente de costos propuesto. Adaptado a la propuesta de un marco para la evaluación de la sostenibilidad de Muyulema & Molina (2024).

Nivel 1.- Corresponde al problema de la deficiencia del control de costos en la empresa Mestiza S.A., lo que llevó a una revisión sistemática de la literatura para identificar 27 artículos relevantes y compatibles tecnológicamente para fundamentar el modelo propuesto.

Nivel 2.- Se aborda un enfoque mixto que combina los métodos cuantitativos y cualitativos, aunque la investigación tiene un fuerte enfoque cuantitativo para la medición de tiempos de costos, se estableció la importancia de un método cualitativo para capturar la experiencia operativa del personal.

Nivel 3.- Se identifican 3 técnicas especializadas: gestión de costos, mejora operativa y modelos de optimización y decisión. Estas técnicas segmentan el estudio en áreas críticas como el control financiero, eficiencia de procesos y capacidad técnica para decisiones basadas en datos, asegurando un análisis integral del ciclo de producción.

Nivel 4.- En esta etapa se eligen herramientas como el análisis financiero y modelos matemáticos. Aunque las entrevistas son prioritarias en el AHP, se optaron por cuestionarios como herramienta principal para facilitar la cuantificación de variables en el análisis financiero, mientras que las entrevistas se utilizarán como fuente de información complementaria.

Nivel 5.- Se destacan las combinaciones de herramientas basadas en la sinergia entre la gestión de costos y los modelos matemáticos, validadas mediante el método AHP. Esta integración facilita un modelo operativo inteligente que emplea análisis financiero y herramientas Lean para recopilar datos cuantificables en la producción.

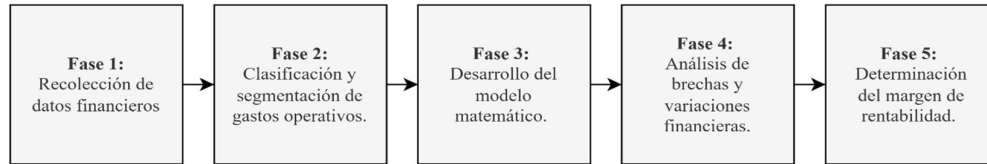
Nivel 6.- El protocolo concluye con un modelo inteligente de costos de producción que mejora la productividad, corrige deficiencias del primer nivel y establece un sistema sostenible para optimizar recursos y potenciar resultados en la empresa Mestiza S.A.

2.3.1. Protocolo para el cálculo de costos de producción

De manera complementaria al protocolo de investigación se realizó una secuencia orientada a la determinación del cálculo de costos de producción, por ello, se tomó como referencia la metodología propuesta por El-Gibaly (2024), en la que se

diseñó un procedimiento estructurado para esta sección, fundamentado en cinco fases tal y como se detalla en la Figura 23.

Figura 23. *Fases de protocolo para el cálculo de costos de producción.*



Nota. Estructura secuencial diseñada para la determinación del costo operativo. Adaptado de El-Gibaly. (2024).

Fase 1.- Recolección de datos financieros: se realizó el levantamiento de datos contables históricos de Mestiza S.A. utilizando la herramienta G.C.2 para obtener registros precisos sobre materias primas, costos indirectos y mano de obra. Este diagnóstico inicial permitió establecer una línea base auténtica, asegurando que los análisis futuros se basen en datos confirmados y reales del estado financiero de la organización.

Fase 2.- Clasificación y segmentación de gastos operativos: la recopilación de datos se organiza por relevancia técnica para la producción de la terracota, diferenciando entre gastos generales y aquellos directamente vinculados a la producción. Este proceso aporta visibilidad sobre la distribución de recursos en cada fase de fabricación, identificando áreas ineficientes ocultas en los balances generales.

Fase 3.- Desarrollo del modelo matemático: en esta fase se utilizó la herramienta MO.D.O.1 para integrar datos en estructuras matemáticas que calcularon el costo estándar ideal y la optimización de recursos. Los datos contables se transformaron en una herramienta de ingeniería financiera, permitiendo determinar científicamente el costo de cada unidad producida bajo condiciones de máxima eficiencia.

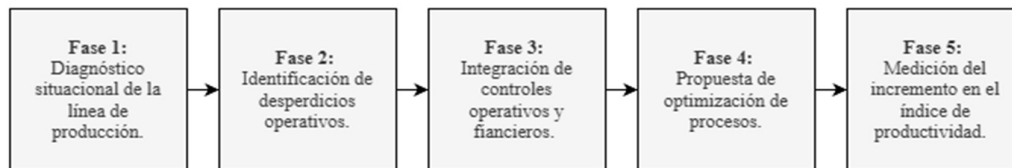
Fase 4.- Análisis de brechas y variaciones financieras: se realizó un contraste riguroso entre el costo real que la empresa registraba actualmente y el costo óptimo proyectado por el modelo matemático desarrollado. Este análisis de desviaciones permitió cuantificar económicamente el impacto de las ineficiencias detectadas en las fases previas.

Fase 5.- Determinación del margen de utilidad: esta fase cerró el ciclo del cálculo de costos y estableció el beneficio económico real que el modelo inteligente aporta a la organización. Al depurar los costos y reducir las brechas financieras, se obtiene una visión precisa de la rentabilidad, permitiendo a la gerencia conocer la ganancia neta tras la optimización.

2.3.2. Protocolo de mejora de productividad

Se determinó varias fases que implican la mejora de la productividad en la que se toman en cuenta las herramientas de Lean Manufacturing M.O.I y las fases anteriores que son de la gestión de costos, es decir el análisis financiero G.C.2. Este procedimiento se hizo en base teórica de Ramas et al. (2025) y Alarcón et al. (2024).

Figura 24. Fases de protocolo para la mejora de productividad.



Nota. Estructura procedimental para optimizar procesos, integrando herramientas Lean Manufacturing y análisis financiero de gestión de costos. Adaptado de trabajos de Ramas et al. (2025) y Alarcón et al. (2024).

Nivel 1.- Diagnóstico situacional de la línea de producción: el uso de herramientas como el cuestionario a los trabajadores de la línea THD permitió capturar la realidad operativa desde la perspectiva de sus trabajadores. Este diagnóstico no solo identificó fallas técnicas, sino que reveló percepciones sobre el flujo de trabajo y el entorno laboral.

Nivel 2.- Identificación de desperdicios operativos: se utilizaron herramientas de Lean Manufacturing para identificar actividades que no aportan valor al producto final, conocidas como “mudas”. La investigación permitió visualizar oportunidades de mejora con un impacto directo en la eficiencia, enfocado en eliminar recursos que no generan beneficios.

Nivel 3.- Integración de controles operativos y financieros: los hallazgos previos se cruzaron con los análisis de costos de producción para entender cómo un retraso en una etapa específica de la producción se traduce en una pérdida monetaria.

Nivel 4.- Propuesta de optimización de procesos: Se desarrollaron estrategias de mejora basadas en un modelo matemático y principios de Lean Manufacturing, identificando oportunidades de cambio y proponiendo una reorganización del flujo de producción para optimizar recursos, materiales y tiempo del personal.

Nivel 5.- Medición del incremento en el índice de productividad: se compararon indicadores de desempeño inicial con resultados esperados tras implementar propuestas de mejora, evidenciando un incremento porcentual en la productividad de Mestiza S.A. Esto demuestra que la integración de costos y la optimización operativa impactan positivamente en la rentabilidad de la empresa.

2.4. Población y censo

2.4.1. Población

El estudio se enfoca en el personal de Mestiza S.A., con una población de 95 empleados distribuidos en varios departamentos: 20,24% en bodega, 16,33% en administración y 13,27% en esmaltado. La investigación se centra en la línea THD, resaltando la importancia de realizar un censo para la recopilación de datos.

2.4.2. Censo

Un censo implica incluir todos los casos en el estudio de una población. Según Hernández et al. (2014) un grupo de 75 personas se considera manejable, y dado que se tiene acceso total a la población en Mestiza S.A., se aplicaron instrumentos de recolección de datos a todo el grupo. El censo a la línea THD demuestra que la viabilidad de no necesitar una muestra representativa, debido que se incluye el 100% de la población de la línea THD (75 trabajadores), garantiza un nivel de certeza absoluto en el análisis, el cual se realiza con un enfoque censal descriptivo, abarcando todas las jerarquías operativas de la organización (Ver anexo 7).

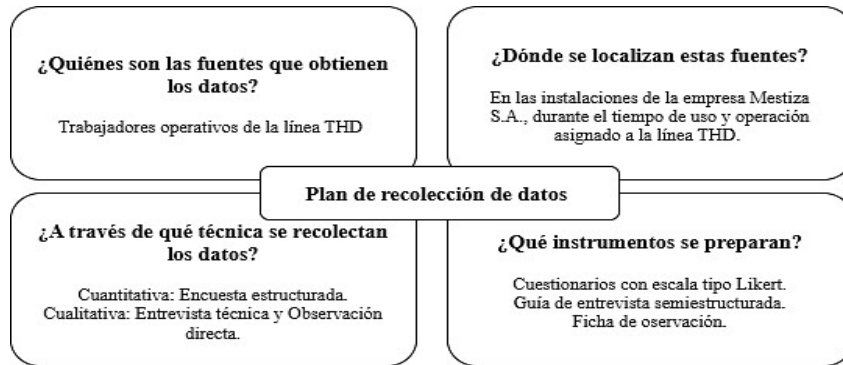
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.5.1. Métodos de recolección de datos

Es fundamental que la selección de los participantes sea transparente y que los individuos elegidos puedan contribuir significativamente a responder la pregunta de investigación (Kairuz et al., 2006). Para ello, se estableció un método analítico que

desglosa el proceso de obtención de información y se adaptó a las variables del estudio a través de un plan de recogida de datos que asegura la captura de la información necesaria, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25. *Plan de recolección de datos.*



Nota. El esquema describe las fuentes, técnicas e instrumentos para la línea THD. Adaptado de *Metodología de la investigación* por Hernández et al. (2014).

La recolección de datos en Mestiza S.A. se realiza a través de trabajadores operativos de la línea THD, utilizando técnicas mixtas que incluyen encuestas cuantitativas y entrevistas cualitativas, junto con ficha de observación. Se diseñó un cuestionario con escala tipo Likert y una guía de entrevista semiestructurada, conforme al enfoque metodológico de Hernández et al. (2014), para analizar integralmente las variables de investigación relacionadas con la operatividad en la línea.

2.5.2. Técnicas de recolección de datos

Para Kairuz et al. (2006) una técnica de recolección de datos se refiere a las herramientas y procedimientos utilizados por investigadores para recopilar información sobre un objeto de estudio. En Mestiza S.A., se ha estructurado un sistema de técnicas necesarias para garantizar el rigor científico en el diseño DIAC.

Encuesta: se implementa una encuesta como técnica central de la ruta cuantitativa, facilitando la obtención de datos numéricos sobre costos de producción y productividad entre 75 personas. Además, se utiliza una guía semiestructurada en entrevistas, explorando las experiencias y percepciones del personal, lo que enriquece la interpretación del contexto operativo (Anexo 8 y 9).

Entrevista: en el proceso de la entrevista se tuvo en cuenta a las personas que tiene una vista más paramétrica de las operaciones que ocurren en la empresa y con experiencia necesaria sobre el tema de estudio y su posición laboral. Estas personas deben de estar dispuestas a participar y así poder indagar en sus experiencias y opiniones.

Observación técnica: el uso de la ficha de observación técnica es crucial para documentar cronológicamente la duración de los ciclos, paradas de planta y tiempos muertos en la línea THD. La integración de estos instrumentos de recolección de datos es exigida por el modelo DIAC, asegurando una visión holística y precisa de la realidad productiva de la organización.

2.5.3. Instrumentos de recolección de datos

Cuestionarios (encuesta): la investigación emplea dos cuestionarios con 12 preguntas cerradas y escala de intervalo para recolectar datos sobre costos de producción y productividad. El cuestionario de costos se entregó al personal administrativo, y el de productividad a obreros y jefes de área. Ambos cuestionarios fueron validados por expertos, garantizando claridad y validez técnica (ver anexo 11).

Cuestionario (entrevista): se realizó una serie de preguntas abiertas para que se pueda abarcar todos los aspectos necesarios y de hechos que son relevantes para rescatar información necesaria. La elaboración fue un total de 10 preguntas con relación a las variables de estudio para así obtener las percepciones, opiniones y criterios de los 19 entrevistados sobre los costos de producción y la productividad.

Diagrama de procesos: el diagrama permitió identificar el flujo de operaciones al descomponer el proceso en etapas específicas, facilitando la asignación de costos de producción y conectando costos operativos e indicadores de productividad a través de variables críticas como tiempos de proceso, eficiencia y niveles de producción por etapa.

Ficha de observación: este instrumento permite obtener información precisa sobre la duración de actividades y secuencias en el proceso productivo, facilitando la comprensión de tiempos de ciclo y la detección de variaciones críticas.

2.5.4. Confiabilidad

En el estudio de Rodríguez et al. (2024), la confiabilidad se define como la capacidad de un instrumento para ofrecer resultados consistentes y coherentes, asegurando mediciones estables y reproducibles. Se utilizó el coeficiente alfa de Cronbach para evaluar esta propiedad; un alto valor indica mayor fiabilidad, mientras que un valor bajo sugiere optimización de los reactivos o el rechazo de la información obtenida.

Tabla 15. Rangos de confiabilidad del alfa Cronbach.

Rango	Nivel de confiabilidad
$\alpha \leq 0.30$	Muy baja.
$0.30 < \alpha \leq 0.60$	Baja.
$0.60 < \alpha \leq 0.75$	Moderada.
$0.75 < \alpha \leq 0.90$	Alta.
$\alpha > 0.90$	Muy alta.

Nota. Escala de valoración para la consistencia interna de los instrumentos de recolección de datos. Adaptado de (Pelegri n et al., 2016).

El documento presenta la evaluación de los hallazgos de una encuesta aplicada a 75 trabajadores de la línea THD, utilizando un cuestionario de 12 preguntas cerradas. Los datos se recogieron y analizaron con el software IBM SPSS versión 25, lo que facilitó la tabulación y el cálculo de la consistencia interna mediante el coeficiente alfa de Cronbach.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} * \left(1 - \frac{\sum_1^k S_i^2}{S_x^2} \right)$$

Donde:

α = alfa de Cronbach.

Ec. 4

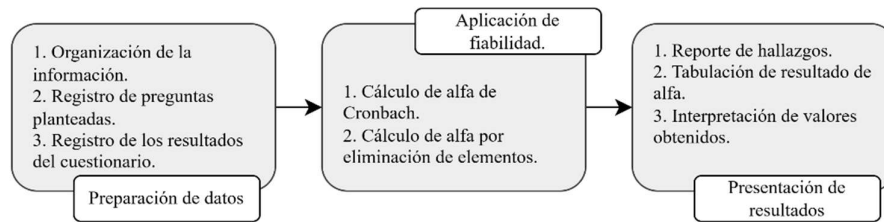
k = número de ítems del cuestionario.

S_i^2 = sumatoria de varianzas de los  tems.

S_x^2 = sumatoria total del instrumento.

Posterior para la obtención del coeficiente alfa de Cronbach, se necesit  de una serie de fases técnicas que aseguraron la precisión de la fiabilidad del instrumento, esto es basado en Edelsbrunner et al. (2025), este autor destacó los pasos a seguir en tres fases las que se muestran en la siguiente tabla:

Figura 26. *Protocolo para la confiabilidad de resultados.*



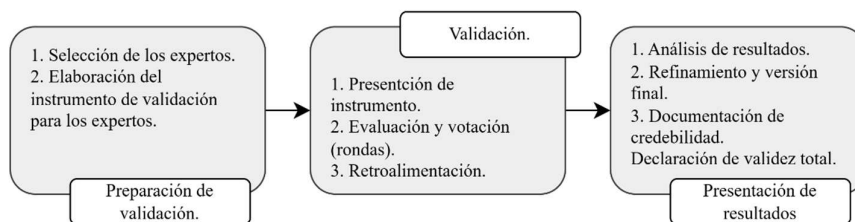
Nota. Etapas secuenciales necesarias para asegurar la consistencia interna en la medición de constructos complejos. Adaptado de Edelsbrunner et al. (2025).

A través de un riguroso proceso de confiabilidad, detallado en la Figura 16, se organizó la información y se trasladaron cuestionarios a la matriz de datos en IBM SPSS. Se analizó el coeficiente de alfa de Cronbach, realizando una evaluación de sensibilidad con eliminación progresiva de elementos para asegurar que se mantuviese dentro de los rangos aceptables.

2.5.5. Validez

La validez de expertos, según González Mare. (2019), se refiere al grado en que un instrumento mide efectivamente la variable de interés, apoyándose en la opinión de expertos. La validación es esencial para evitar errores como declaraciones incompletas, preguntas mal formuladas y procesos inadecuados (Khidhir & Rassul, 2023). Este proceso debe ser orientado por expertos utilizando criterios específicos de inclusión y exclusión.

Figura 27. *Protocolo de validación de criterio de expertos.*



Nota. El diagrama ilustra las 3 etapas secuenciales del proceso de validación. Adaptado de (Khidhir & Rassul, 2023).

Se establecieron criterios para seleccionar expertos con más de diez años de experiencia y conocimiento relevante en la investigación. También se definieron criterios de exclusión para evitar la inclusión de expertos no adecuados. Se realizó una revisión exhaustiva para asegurar la precisión de la validación, utilizando una matriz de validación hasta lograr un consenso que garantizara la viabilidad del instrumento.

Grado de acuerdo entre los expertos

El método V de Aiken se utilizó para evaluar cuantitativamente el contenido de un instrumento de investigación, facilitando la medición del acuerdo entre expertos sobre la relevancia y claridad de los reactivos en relación con un constructo específico:

$$V = \frac{\sum(S)}{n(c - 1)} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

$$s = r - 1$$

r = calificación dada por el experto.

c = calificación más baja posible en la escala.

n = número total de expertos que evaluaron el instrumento.

Cabe destacar que el valor resultante de V oscila en un rango de 0 a 1. Asimismo, para dictaminar la legitimidad de los reactivos, se adoptaron los criterios de interpretación establecidos por Ismarau et al. (2025), los cuales se detallan en la Tabla 17.

Tabla 16. Rangos de V de Aiken.

Rango	Nivel de confiabilidad
$V \geq 0.80$	Alta validez de contenido.
$0.70 < V \leq 0.79$	Moderado validez de contenido.
$V \leq 0.70$	Baja validez de contenido.

Nota. Escala de valoración utilizada para dictaminar la concordancia y legitimidad de los reactivos del instrumento por medio del juicio de expertos. Adaptado de Ismarau et al. (2025).

En este sentido, la convergencia de opiniones de expertos con trayectorias de entre 12 y 26 años otorga una base sólida de autenticidad a la recolección de datos primarios, minimizando la incertidumbre en la fase de diagnóstico situacional.

2.6. Procedimiento para la recolección de datos

La planificación del proceso de recolección de datos se lo hizo de acuerdo con la relación a las variables de estudio, de manera que se parte con relación a la metodología de: validar el instrumento, recopilación de información y presentación de resultados.

Tabla 17. *Plan de recolección de datos.*

Nº	Plan		Actuaciones
1	Validación de instrumento.		1. Elaboración de encuestas semidesarrolladas. 2. Validación por criterio de juicio de expertos. 3. Retro alimentación.
2	Recopilación de información.		1. Ejecución de la encuesta a los trabajadores de la línea THD. 2. Ejecución de la ficha de observación. 3. Análisis de resultados recolectados.
3	Presentación de datos.		1. Cálculo de la fiabilidad de los datos. 2. Tabulación de resultados mediante diagramas. 3. Análisis e interpretación.

Nota. Flujo metodológico planificado para el tratamiento de los datos.

El plan de recolección de datos presentado en la Tabla 18 muestra un enfoque metodológico secuencial y sistemático que asegura la rigurosidad científica de la investigación. La información obtenida de los trabajadores de la línea THD es confiable gracias a la validación por expertos. Además, la combinación con la ficha de observación permitió asegurar la fiabilidad y facilitar la tabulación adecuada, dotando al análisis de datos del sustento metodológico necesario para la toma de decisiones.

2.7. Operacionalización de variables

Este estudio verificó la hipótesis del modelo de costos de producción para mejorar la productividad, utilizando un método de investigación cualitativa para examinar variables dependientes e independientes y recolectar datos representativos que permitan analizar las interacciones entre dichas variables. Esto facilitó un análisis estandarizado y sistemático de los datos (ver anexo 10).

Variable independiente: costos de producción.

Definición: representan el gasto y valor monetario de todos los recursos consumidos para fabricar un producto o ejecutar un proceso operativo dentro de una empresa (El-Gibaly, 2024).

Variable dependiente: productividad.

Definición: es un indicador operativo que representa el número de unidades de un producto generadas en relación con el tiempo invertido por los trabajadores o los recursos utilizados (García et al., 2023).

2.8. Plan de análisis e interpretación de datos

Para la elaboración de un plan de análisis e interpretación de datos es una estrategia que defina como se procesan los datos recopilados en cada uno de los objetivos específico en una investigación para extraer los resultados esperados como se observa en la tabla.

Tabla 18. *Plan de análisis e interpretación de datos.*

N°	Objetivos específicos	Procedimiento	Instrumentos	Resultados esperados
1	Fundamentar el estado del arte a través de un estudio sistemático de los métodos de la manufactura esbelta y costeo que respalden el diseño del modelo para el análisis de la rentabilidad en entorno industrial cerámico.	Revisión sistemática. Selección de registros.	Directrices PRISMA de VOSviewer. Proceso analítico jerárquico (AHP).	Selección del portafolio bibliográfico con relación a las variables del estudio. Análisis de interrelaciones de países, revistas y correlación de palabras clave. Técnicas y herramientas para su aplicación.
2	Estructurar un marco metodológico basado en procedimientos técnicos para la determinación de los costos de producción y el análisis de las variables operativas críticas en la empresa Mestiza S.A.	Protocolo de investigación. Protocolo de validación y confiabilidad.	de Guías de estructuración de procesos técnicos. de Formato de cuestionarios para técnicas.	Consolidación de protocolos. Elaboración de ítems o preguntas para la obtención de información a partir de la operacionalización de variables.
		Plan recolección de datos.	de Validación de criterios por juicio de expertos.	Validación y consistencia de instrumentos de recolección.
3	Desarrollar un modelo matemático de costos mediante el análisis financiero integral de la línea THD, para diseñar una propuesta de optimización basada en herramientas Lean Manufacturing que incremente la productividad.	Desarrollo de recopilación de datos. Verificación de hipótesis.	de Encuestas en físico. de Prueba de normalidad.	Presentación de datos recolectados. Verificación de datos de la encuesta por medio de alfa de Cronbach y normalidad.
		Desarrollo del modelo	del Modelo matemático.	Elaboración de un modelo matemático.

Nota. Planificación de metodología integrada que vincula los objetivos específicos del estudio con las herramientas analíticas (PRISMA, VOSviewer y alfa de Cronbach).

La investigación se basó en un riguroso proceso de recopilación de documentos bajo el protocolo PRISMA 2020, su objetivo fue de definir teóricamente los principios de costeo y de la manufactura esbelta en el sector de la cerámica. Referente al mapeo temático, el software VOSviewer facilitó el análisis de las redes globales, mientras que el método AHP sirvió para jerarquizar las técnicas emergentes; logrando, de este modo, sincronizar 27 fuentes científicas que definen la eficiencia operativa.

Con relación al tratamiento de datos, el software IBM SPSS facilitó la depuración y la prueba de Shapiro-Wilk para validar la normalidad estadística. A este respecto, el análisis permitió contrastar los gastos reales frente a la optimización detectada; en suma, se diseñó una intervención técnica que potencia el rendimiento económico y la situación actual de la empresa Mestiza S.A.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados

El capítulo presenta hallazgos obtenidos mediante un plan de recolección de datos, validado por expertos y verificado con el coeficiente alfa de Cronbach, asegurando la fiabilidad de la información de 75 trabajadores de la línea THD. Los resultados diagnostican la situación operativa en Mestiza S.A., destacando la necesidad de un modelo matemático que analice costos de fabricación y eficiencia operativa para optimizar recursos y aumentar la productividad de manera sostenible.

3.1.1. Validación del instrumento de recolección de datos

Paso 1: preparación de validación

Se fundamenta en la selección de panel evaluador compuesto por “voces calificadas” (González Mares, 2019). Para ello es necesario la selección de un panel evaluador formado por especialistas calificados, siguiendo los criterios de inclusión y exclusión basados en su experiencia en la industria. Este proceso garantiza que los instrumentos para analizar costos y productividad en Mestiza S.A. sean adecuados y claros, lo que es crucial para el éxito del estudio.

Tabla 19. *Criterios de inclusión y exclusión para selección de expertos.*

Criterio	Ítems
Inclusión.	1. Profesionales con un título de 4to nivel o superior. 2. Conocimiento sobre las variables de estudio. 3. Profesional con actividades dentro de la institución. 4. Experiencia en costos de producción y productividad
Excusión.	1. Profesionales de otros campos fuera de la ingeniería. 2. Personal técnico o académico de la institución. 3. Profesionales con al menos de 10 años de experiencia. 4. Estudiantes de grado y posgrado.

Nota. Parámetros de selección aplicados para delimitar el perfil de los expertos encargados de evaluar los instrumentos.

La definición de criterios de inclusión y exclusión es crucial para asegurar la validez de la investigación, eligiendo evaluadores con más de 10 años de experiencia y formación de cuarto nivel en áreas relevantes. Esto respalda sus opiniones con conocimientos técnicos. Se creó una matriz de validación para revisar la claridad y

pertinencia de las variables del estudio, lo que ayuda a reducir sesgos y aumentar la confiabilidad de los instrumentos, fundamentando así los análisis posteriores.

Paso 2: validación

Se realizó una revisión técnica del instrumento de evaluación tras seleccionar a los expertos, validando su contenido en relación con la variable independiente. Las evaluaciones de cinco especialistas se analizaron mediante el coeficiente V de Aiken para medir el acuerdo en claridad, relevancia y representatividad. Esto comprobó que los ítems del instrumento representan adecuadamente las dimensiones operativas de la investigación, presentándose las calificaciones en la Tabla 21.

Tabla 20. *Calificaciones de evaluación, variable independiente.*

Validez de la variable independiente: costos de producción.									
Experto	Criterios de evaluación								Índice individual de concordancia
	C1		C2		C3		C4		
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
E1		x		x		x	x		0,25
E2	x		x		x		x		1
E3	x		x		x		x		1
E4	x		x		x		x		1
E5	x		x		x		x		1
Frecuencia de acuerdos.	4		4		4		5		Validez
V de Aiken	0,8		0,8		0,8		1		0,85
									Alta validez de contenido

Nota. Resultados estadísticos del juicio de expertos para los criterios de evaluación (C1, C2, C3 y C4). El coeficiente V de Aiken total 0,85 determina que el instrumento posee una alta validez.

El análisis de la Tabla 22 indica que el instrumento de gestión de costos alcanza un coeficiente V de Aiken global de 0,85, lo que sugiere alta validez de contenido, conforme a Ismarau et al. (2025). Esto resultó de un proceso de revisión con observaciones de expertos, quienes aprobaron la correspondencia entre las preguntas y respuestas, a pesar de que el experto 1 (E1) mencionó dificultades en algunos reactivos. El experto 5 (E5) proporcionó recomendaciones que mejoraron ciertas preguntas. Se emplearon matrices automatizadas para asegurar la precisión del análisis estadístico y minimizar errores de cálculo.

Tabla 21. Calificaciones de evaluación, variable dependiente.

Validez de la variable dependiente: productividad.										
Experto	Criterios de evaluación								Índice individual de concordancia	
	C1		C2		C3		C4			
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No		
E1	x		x		x			x	0,75	
E2	x		x		x		x		1	
E3	x		x		x		x		1	
E4	x		x		x		x		1	
E5	x		x		x		x		1	
Frecuencia de acuerdos.	5		5		5		4		Validez	Alta validez de contenido
V de Aiken	1		1		1		0.8		0.95	

Nota. Resultados estadísticos del juicio de expertos para los criterios de evaluación (C1, C2, C3 y C4) aplicados a la segunda variable.

El instrumento fue validado por expertos, enfocándose en cuatro criterios que garantizan su coherencia lógica. Los resultados indicaron un coeficiente V de Aiken de 0,95, superando el estándar mínimo, lo que confirma su alta validez de contenido. Esto asegura que la herramienta sea rigurosa para capturar la productividad en la línea THD, disminuyendo la incertidumbre en la recolección de datos primarios.

Paso 3: análisis de resultados

Tras la culminación del proceso de validación por expertos, se procedió a la estructuración de un formato integral donde el panel consiguió su valoración general sobre el instrumento (ver anexo 11). En la tabla 23 se da el conocimiento de la secuencia de rondas evaluativas que resultaron imperativas para alcanzar el consenso técnico necesario previo a la aprobación definitiva de los reactivos.

Tabla 22. Valoración de expertos.

Experto	Rondas	Valoración
E1.	2 rondas.	Bueno.
E2.	1 ronda.	Bueno.
E3.	1 ronda.	Bueno.
E4.	1 ronda.	Bueno.
E5.	2 rondas.	Bueno.

Nota. Aprobación cualitativa alcanzado por los especialistas seleccionados, detallando el número de iteraciones requeridas para la aprobación.

La Tabla 23 refleja el contenido y consistencia del instrumento de recolección de datos con la aprobación unánime de cinco expertos bajo la calificación de “Bueno”. Los especialistas E2, E3 y E4 aprobaron el instrumento inmediatamente siendo el 60 %, mientras que los especialistas E1 y E5 requirieron de una segunda ronda para ajustes métricos. Este proceso mejoró la calidad sin comprometer al estudio, de esta forma, se concluye que el instrumento es confiable, estable y válido para su aplicación en la empresa Mestiza S.A.

3.1.2. Análisis e interpretación de resultados de la encuesta

Resultados de la encuesta aplicada a los trabajadores respecto a la variable costos de producción:

El análisis de las 12 preguntas reveló aspectos positivos y problemas en el control contable y la gestión de costos de producción. Se destacó que el 54,55% tiene un alto rigor en el control de salida de suministros, y un 63,63% ajusta las compras al presupuesto. Sin embargo, se señalaron problemas significativos, como un 45,45% que percibe moderación en el registro de gastos de materiales y una efectividad moderada en la supervisión del capital humano. Principales deficiencias incluyen limitada automatización del prorrateo de costos indirectos (54,55%), asignación imprecisa de depreciación (81,82%), y ausencia de reportes de desperdicios (54,55%).

Resultados de la encuesta aplicada a los trabajadores respecto a la variable productividad:

El análisis de las encuestas revela resultados positivos y desafíos que impactan la productividad. Un 84,38 % de los encuestados indica que frecuentemente cumplen con las metas de producción, y un 82,82 % encuentra que el volumen producido coincide con lo programado. También, un 79,69 % asegura que cumplen oportunamente con las cuotas de fabricación. En términos de gestión de materiales, un 68,75 % muestra concordancia entre insumos y requerimientos de producción, y un 84,38 % opina que las materias primas satisfacen las condiciones técnicas necesarias.

No obstante, existen problemas que afectan la eficiencia. Un 59,37 % reporta una baja frecuencia de productos sin defectos, provocando mermas y cuellos de botella. Además, el 50 % observa un cumplimiento moderado de los tiempos estándar, con interrupciones ocasionadas por cambios de formato y abastecimiento. La principal

limitación se relaciona con la maquinaria, donde un 67,19 % enfrenta restricciones operativas. Asimismo, el mantenimiento preventivo es considerado moderado o deficiente por una parte significativa de los encuestados, lo que incrementa el riesgo de paradas y fallas en la producción.

3.1.3. Confiabilidad del instrumento de recolección de datos

Paso 1.- Preparación de datos

De acuerdo con los datos obtenidos de la variable independiente y de la variable dependiente, los datos recolectados fueron procesados usando un programa especializado IBM SPSS Statistic en donde se registraron las respuestas que fueron obtenidas de ambos cuestionarios realizados.

Variable independiente:

Tabla 23. *Procesamiento de respuesta de instrumento variable independiente.*

		N	%
Casos	Válido.	11	100,00
	Excluido.	0	,0
	Total	11	100,00

a. Eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento

Nota. Análisis de admisibilidad de la muestra evaluado para la medición de la gestión de costos en el primer grupo censal de la planta.

El procesamiento de datos para la variable independiente reveló una tasa de respuesta del 100 % con todos los 11 instrumentos cumplimentados, asegurando representatividad y consistencia en la base de datos. Esto valida las evaluaciones de fiabilidad y los análisis descriptivos en relación con las condiciones investigadas.

Variable dependiente:

Tabla 24. *Procesamiento de respuesta de instrumento variable dependiente.*

		N	%
Casos	Válido.	64	100,00
	Excluido.	0	,0
	Total	64	100,00

a. Eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento

Nota. Análisis de admisibilidad de la muestra correspondiente al segundo grupo censal evaluado para la medición de los indicadores de la productividad operativa.

El análisis de datos muestra una participación del 100 % de los sujetos y una muestra válida de 64 casos, sin exclusiones. Esta rigurosidad garantiza un estudio empírico confiable de las variables que impactan el rendimiento de la línea de producción, asegurando que la evaluación sea técnica, neutral y libre de prejuicios.

Paso 2: Aplicación de confiabilidad

Se evaluó la consistencia interna de los instrumentos utilizando IBM SPSS Statistics versión 25, obteniendo un coeficiente de alfa de Cronbach de 0,826 para gestión de costos y 0,927 para productividad. Estos resultados avalan la fiabilidad de las mediciones en el censo administrativo (n=11) y operativo (n=64), asegurando la solidez de los datos para un análisis inferencial posterior.

Variable independiente:

Tabla 25. *Cálculo del alfa de Cronbach variable independiente.*

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,826	12

Nota. Coeficiente de consistencia interna calculado a partir de la base de datos independiente aplicada al primer grupo muestral (n=11), compuesto por 12 reactivos de escala Likert.

El análisis de fiabilidad del instrumento de recolección de datos reveló un coeficiente alfa de Cronbach de 0,826, lo que indica una alta consistencia interna. Esto sugiere que los reactivos son robustos y que las mediciones en el censo de 11 sujetos son adecuadas para diagnósticos organizacionales posteriores.

Tabla 26. *Estadísticos por elementos suprimidos de la variable independiente.*

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido.	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido.	Correlación total de elementos corregida.	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido.
P1.	36,0909	44,891	,722	,840
P2.	36,0000	49,600	,369	,861
P3.	35,6364	44,255	,780	,836
P4.	35,4545	50,473	,351	,861
P5.	36,3636	47,655	,733	,845
P6.	35,8182	48,764	,543	,853
P7.	36,0000	53,200	,051	,877

P8.	35,8182	49,764	,435	,858
P9.	36,5455	44,273	,810	,835
P10.	36,5455	35,873	,664	,859
P11.	36,5455	48,273	,539	,852
P12.	36,1818	38,964	,828	,827

Nota. Análisis de discriminación e impacto psicométrico de los 12 reactivos de la variable independiente, computados a partir del primer grupo censal (n = 11).

La variable independiente evidencia una sólida consistencia; de hecho, la mayoría de sus reactivos supera el 0,30, resaltando P12 y P9. Sin embargo, P7 es marginal (0,51) y su eliminación eleva el alfa de Cronbach a 0,877. Cabe destacar que el instrumento mantiene una alta robustez, garantizando la confiabilidad del constructo para el procedimiento descriptivo.

Variable dependiente:

Tabla 27. *Cálculo de alfa de Cronbach de la variable dependiente.*

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,927	12

Nota. Coeficiente de consistencia interna calculado a partir de la base de datos independiente aplicada al segundo grupo muestral, compuesto por 12 reactivos de escala Likert.

El análisis de fiabilidad del instrumento reveló un coeficiente alfa de Cronbach de 0,927, lo que indica una excelente consistencia interna y una fuerte correlación entre las preguntas sobre productividad operativa, asegurando la ausencia de errores de medición.

Tabla 28. *Estadísticos por elementos suprimidos de la variable dependiente.*

Estadísticas de total de elemento					
	Media de escala si el elemento se ha suprimido.	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido.	Correlación total de elementos corregida.	Correlación múltiple al cuadrado.	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido.
P1.	39,8438	53,055	,706	,712	,920
P2.	39,8750	53,635	,686	,595	,921
P3.	40,9531	51,030	,840	,815	,915
P4.	39,9219	52,581	,725	,695	,919
P5.	40,5000	55,143	,609	,615	,924

P6.	40,6406	48,202	,799	,701	,916
P7.	40,3125	53,012	,680	,660	,921
P8.	40,3125	51,202	,719	,715	,919
P9.	40,2188	54,174	,643	,683	,923
P10.	39,9688	54,443	,803	,748	,919
P11.	40,8906	53,369	,583	,516	,925
P12.	40,9063	50,436	,625	,604	,926

Nota. Análisis de distinción psicométrico de los 12 reactivos de la variable dependiente computados a partir del segundo grupo censal (n = 64).

Con relación a la Tabla 29, el análisis indica una sólida cohesión, todos los reactivos son significativos. Con correlaciones superiores a 0,30, destacan a P3 y P10 por su alta capacidad discriminativa. De esta manera, la varianza compartida y un alfa estable (0,926) justifican plenamente preservar la estructura del cuestionario.

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad es una condición estadística fundamental que se aplica a los datos obtenidos de dos encuestas para verificar su ajuste a una distribución teórica como la curva de Gauss. Según (Alarcón et al., 2024) este procedimiento principalmente realizado en SPSS confirma si los valores de percepción sobre costos de producción y productividad siguen una distribución normal, permitiendo así el uso de estadísticas paramétricas para comprobar hipótesis.

Variable independiente:

Tabla 29. Prueba de normalidad no paramétrica para los indicadores de la variable independiente.

Pruebas de normalidad						
Kolmogorov-Smirnov ^a				Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IN1	,164	11	,200*	,926	11	,369
IN2	,188	11	,200*	,957	11	,735
IN3	,201	11	,200*	,920	11	,323
IN4	,192	11	,200*	,882	11	,111

a. Corrección de significación de Lilliefors.

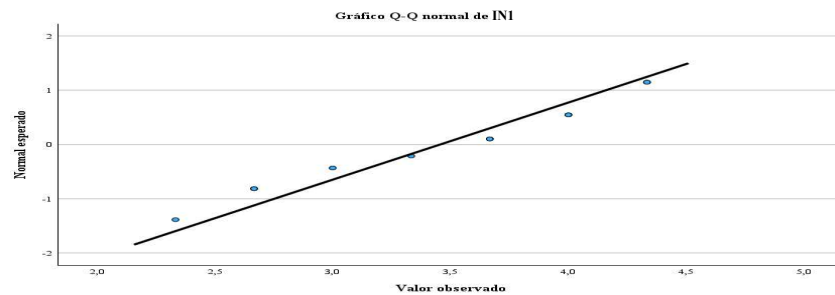
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Nota. Análisis de distribución muestral para los 4 indicadores de la gestión operativa (n = 11).

La distribución muestral es normal ($n = 11$) según la prueba Shapiro-Wilk, con p-values superiores a 0,05, validando datos paramétricos para correlaciones y modelos analíticos en futuras investigaciones.

- **Descripción de estadísticos por dimensión de la variable independiente.**

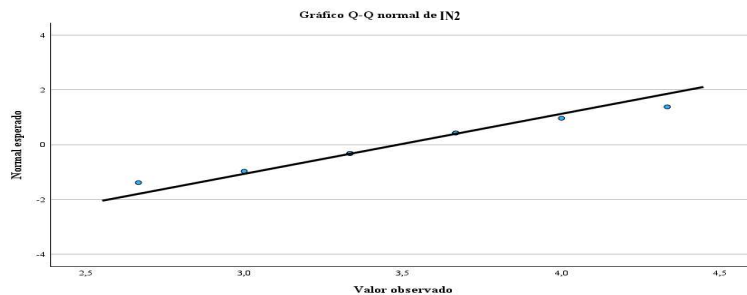
Figura 28. *Diagrama Q-Q - Indicador 1 – Variable independiente.*



Nota. Representación de la alineación de los valores observados frente a la línea diagonal de distribución teórica esperada para el primer indicador de la escala ($n = 11$).

Las pruebas Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk confirmaron la normalidad de las puntuaciones, sustentada visualmente por el diagrama Q-Q.

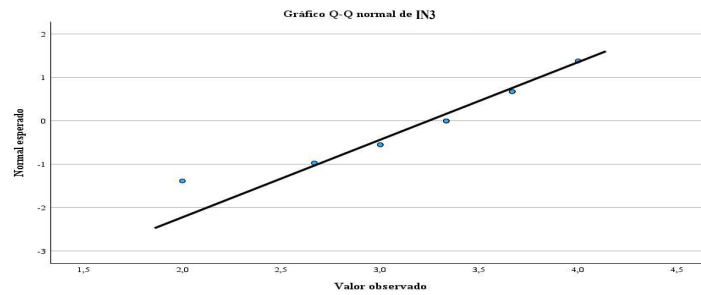
Figura 29. *Diagrama Q-Q - Indicador 2 – Variable independiente.*



Nota. Gráfico sobre la comparación entre los datos observados y la distribución normal estimada del segundo indicador de la escala ($n=1$).

Los resultados muestran que los datos son normales ($p=0,735$), indicando respuestas consistentes y equilibradas sin sesgos significativos.

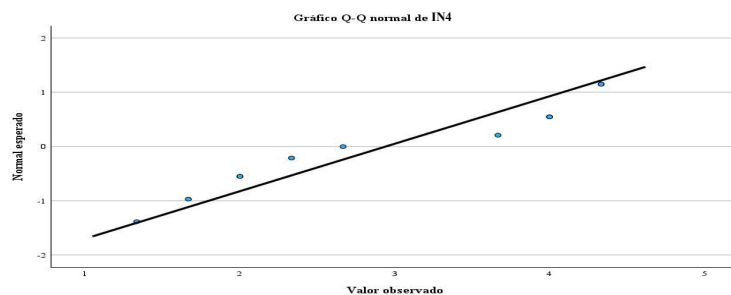
Figura 30. Diagrama Q-Q - Indicador 3 – Variable independiente.



Nota. Representación gráfica de la alineación de los valores observados frente a la línea diagonal de distribución teórica esperada el tercer indicador de la escala (n = 11).

El análisis estadístico revela un $p = 0,323$. Por lo que valida la consistencia de las respuestas y la estabilidad de la variabilidad interna.

Figura 31. Diagrama Q-Q - Indicador 4 – Variable independiente.



Nota. Representación gráfica de la alineación de los valores observados frente a la línea diagonal de distribución teórica esperada para el cuarto indicador de la escala (n = 11).

Los criterios psicométricos revelan una normalidad en las puntuaciones, sin asimetrías severas que afecten el análisis.

Variable dependiente:

Tabla 30. Prueba de normalidad no paramétrica para los indicadores de la variable dependiente.

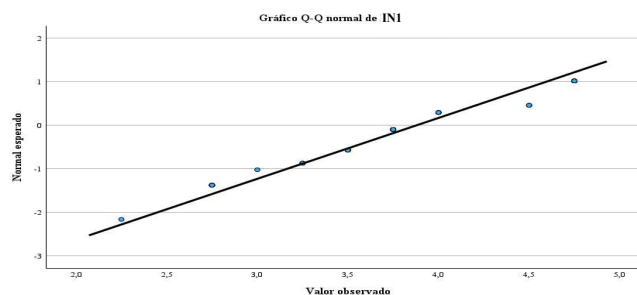
Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
IN1	,185	64	<,001	,891	64	<,001
IN2	,112	64	,046	,944	64	,006
IN3	,289	64	<,001	,849	64	<,001
IN4	,197	64	<,001	,942	64	,005

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Nota. Análisis de distribución muestral para los cuatro indicadores de la productividad operativa ($n = 64$).

- Descripción de estadísticos por dimensión de la variable dependiente.

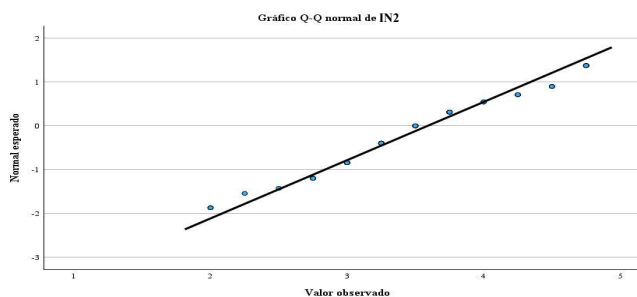
Figura 32. Diagrama Q-Q - Indicador 1 - Variable dependiente.



Nota. Gráfico de probabilidad normal Q-Q que compara los cuantiles observados del indicador IN1 con los cuantiles esperados de una distribución normal teórica.

Las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk indicaron que las respuestas de usuarios no son normales, destacando sensibilidad a escalas Likert y comportamiento no lineal.

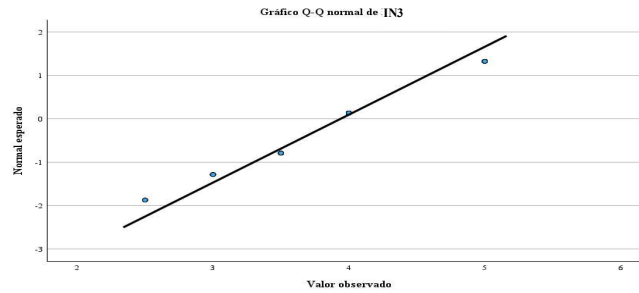
Figura 33. Diagrama Q-Q - Indicador 2 - Variable dependiente.



Nota. Gráfico de probabilidad normal Q-Q que compara los cuantiles observados del indicador IN2 con los cuantiles esperados de una distribución normal teórica.

Los análisis mostraron una significación estadística de $p = 0,046$ en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, indicando ausencia de normalidad y una distribución asimétrica en las evaluaciones del componente logístico, lo que sugiere una tendencia uniforme o sesgada en las respuestas del personal operativo.

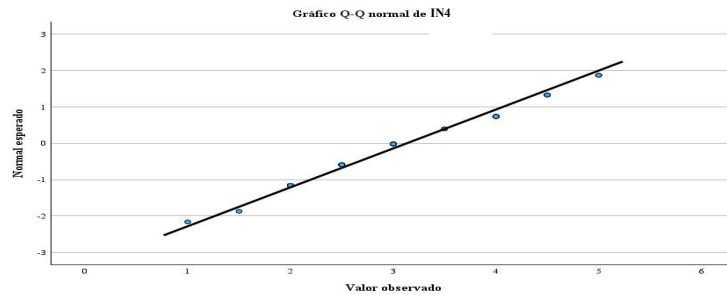
Figura 34. *Diagrama Q-Q - Indicador 3 - Variable dependiente.*



Nota. Gráfico de probabilidad normal Q-Q que compara los cuantiles observados del indicador IN3 con los cuantiles esperados de una distribución normal teórica.

Los resultados del análisis muestran un valor de significancia de $p < .001$, sugiriendo que los datos no tienen distribución normal. Se recomienda utilizar métodos estadísticos no paramétricos debido a la consistencia en ciertos valores con poca variación.

Figura 35. *Diagrama Q-Q - Indicador 4 - variable dependiente.*



Nota. Gráfico de probabilidad normal Q-Q que compara los datos observados del indicador IN4 con los valores esperados de una distribución normal.

Las pruebas de bondad de ajuste confirmaron la tendencia no lineal y la naturaleza no paramétrica, invalidando métodos estadísticos lineales tradicionales.

Hipótesis de acuerdo con los resultados de los instrumentos de recolección de datos aplicados

Según Patiño et al. (2022) El Rho de Spearman es una prueba estadística no paramétrica que mide la relación entre dos variables cuantitativas con distribución libre. A pesar de la falta de normalidad, permite modelar comportamientos a través de tendencias de correspondencia directa.

Tabla 31. Niveles de correlación.

Valor de Significancia.	Nivel de Correlación
$p = 0$	Nula.
$0.00 < p \leq 0.20$	Pequeña.
$0.20 < p \leq 0.40$	Baja.
$0.40 < p \leq 0.60$	Regular.
$0.60 < p \leq 0.80$	Alta.
$0.80 < p \leq 1.00$	Muy alta.

Nota. Escala de valoración de los coeficientes de correlación y sus rangos de significancia asociados.

Hipótesis Nula (H_0): no hay una relación significativa entre la gestión de costos de la planta y la productividad del personal en la línea de producción de cerámica.

Hipótesis de investigación (H_1): la gestión de costos de la planta está directamente relacionada con la productividad operativa del personal en la línea de producción de cerámica.

Tabla 32. Correlación no paramétrica de los dos instrumentos aplicados.

Correlaciones					
Rho de Spearman	de Variable independiente.	Coeficiente de correlación. Sig. (bilateral) N	Variable independiente	Variable dependiente	
			1,000	,200	
				,800	
			4	4	
	Variable dependiente	Coeficiente de correlación. Sig. (bilateral) N	,200	1,000	
			,800		
			4	4	

Nota. Coeficientes de correlación Rho de Spearman calculados para una muestra de cuatro indicadores ($n = 4$).

El análisis indica que el tamaño de la muestra se refiere a cuatro indicadores agregados, evaluando dos poblaciones: un segmento administrativo ($n=11$) y uno operativo ($n=64$). El coeficiente Rho de Spearman mostró una correlación positiva débil (0,200) y alta significancia (0,800) entre gestión de costos y productividad en Mestiza S.A., lo que sugiere una ineficiencia operativa y la necesidad de un modelo inteligente de costos para mejorar la rentabilidad.

Entrevista

Se realizaron entrevistas a 19 profesionales de Mestiza S.A. para examinar la gestión de costos y el rendimiento operativo. El estudio destacó problemas en la productividad de la línea THD, donde, aunque la empresa registra inventarios y mantenimiento, carece de una consolidación detallada de pérdidas. Se identificaron paradas no programadas que se controlan con indicadores, pero su impacto económico no se evalúa. Además, problemas de estabilidad y eficiencia se observaron en máquinas clave, sugiriendo la necesidad de mejorar la automatización del secado y optimizar los procesos de producción, ya que las deficiencias en control de costos y paradas afectan la productividad.

Ficha de observación

La observación de la línea THD identificó problemas en productividad y costos de producción. Mientras la preparación, cisternas, filtroprensas y horneado funcionan adecuadamente, la extrusión presenta sobrecargas de motor, elevando el riesgo de averías. Los procesos manuales de corte y secado crean tiempos muertos por la falta de sincronización. En clasificación, las piezas defectuosas y un lavado lento incrementan los tiempos improductivos. Además, el etiquetado manual en empaque es laborioso y consume tiempo. Estas condiciones resaltan la dependencia de actividades manuales y los riesgos mecánicos que impactan la productividad y costos.

Discusión de resultados de los instrumentos aplicados

Discusión de la observación técnica: la observación identificó ineficiencias operativas en el área de distribución, donde las demoras por espera de maquinaria afectan la productividad. Además, el proceso logístico manual en los almacenes requiere largas jornadas laborales, lo que incrementa costos y disminuye eficiencia. Se sugiere estandarizar procesos para mejorar las operaciones.

Discusión de las encuestas: Los resultados de las encuestas indican que la mayoría de los trabajadores siente que cumple con las metas de producción. Sin embargo, entrevistas y observaciones revelan que a menudo es necesario reprogramar turnos y hay material defectuoso que se debe desechar. Esto sugiere que los trabajadores evalúan su desempeño de manera individual, mientras que los indicadores de producción muestran pérdidas por desperdicios, reprocesos y tiempos

improductivos. La integración de diferentes instrumentos proporciona una visión más objetiva de la realidad operativa de la empresa.

Discusión de las entrevistas: Las entrevistas con el personal administrativo y jefes de área complementaron hallazgos de observación técnica y encuestas, revelando que desperdicios, replanificación de turnos e interrupciones por malas condiciones de la maquinaria afectan la productividad y aumentan costos. Se concluye que, además del compromiso, otros factores influyen, sugiriendo que la implementación de procedimientos estandarizados podría mejorar el desempeño productivo y reducir ineficiencias.

La combinación de observación técnica, encuestas y entrevistas permitió validar los resultados al identificar ineficiencias en el proceso productivo, causas de estas y percepciones de los trabajadores. Se confirmó que los desperdicios, tiempos muertos y deficiencias organizativas son factores que aumentan costos y limitan la productividad en Mestiza S.A., lo que justifica la propuesta de estandarización de procesos.

3.1.4. Levantamiento de información en la empresa Mestiza S.A.

Diagrama de procesos

Con la ayuda de los jefes de área se generaron diagramas de procesos que ocurren dentro de las instalaciones de la planta, esto sirve para reconocer y documentar la manera en que se lleva a cabo sus tareas diarias en la realización de las piezas de la línea THD.

Figura 36. Diagrama de procesos.

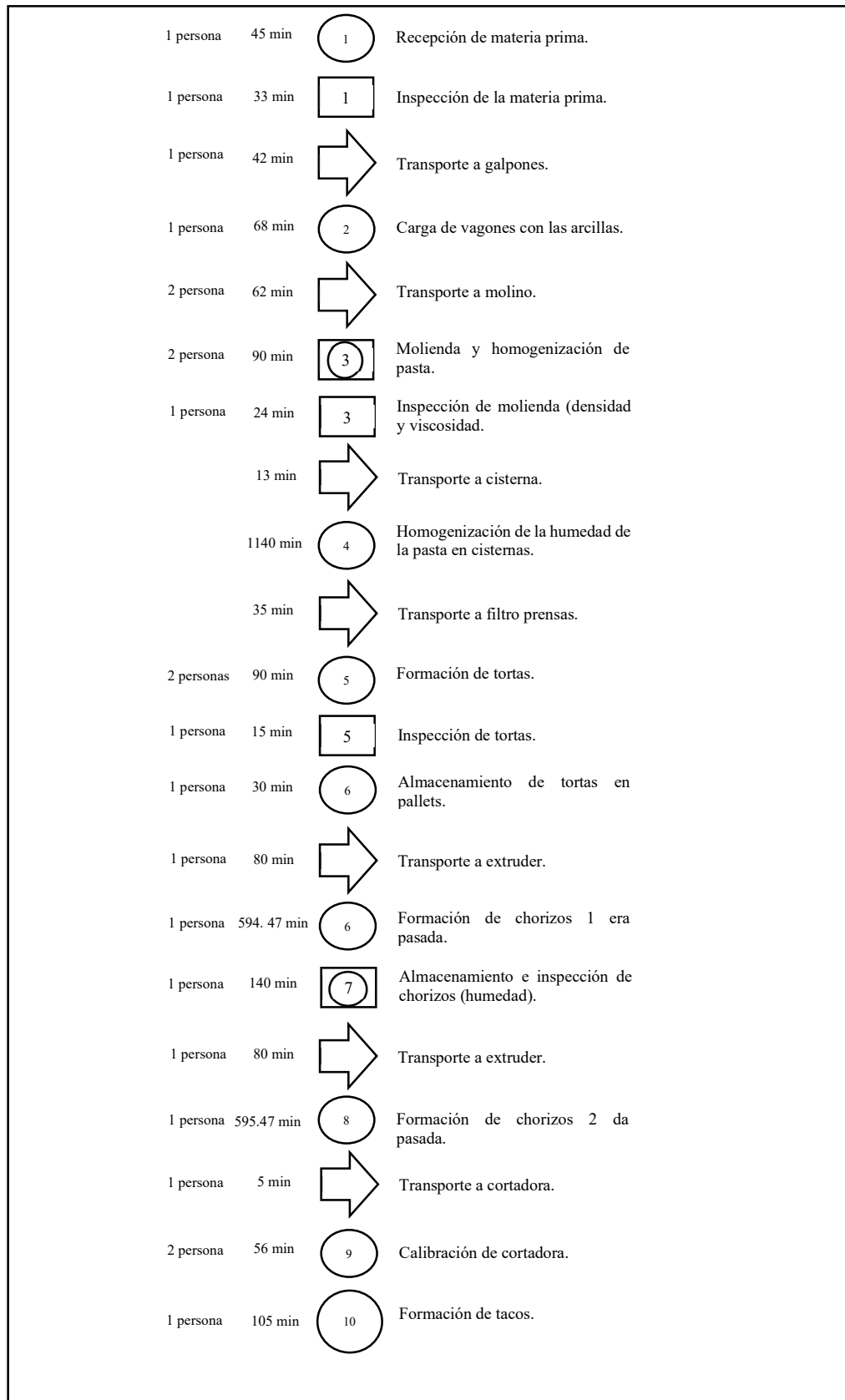
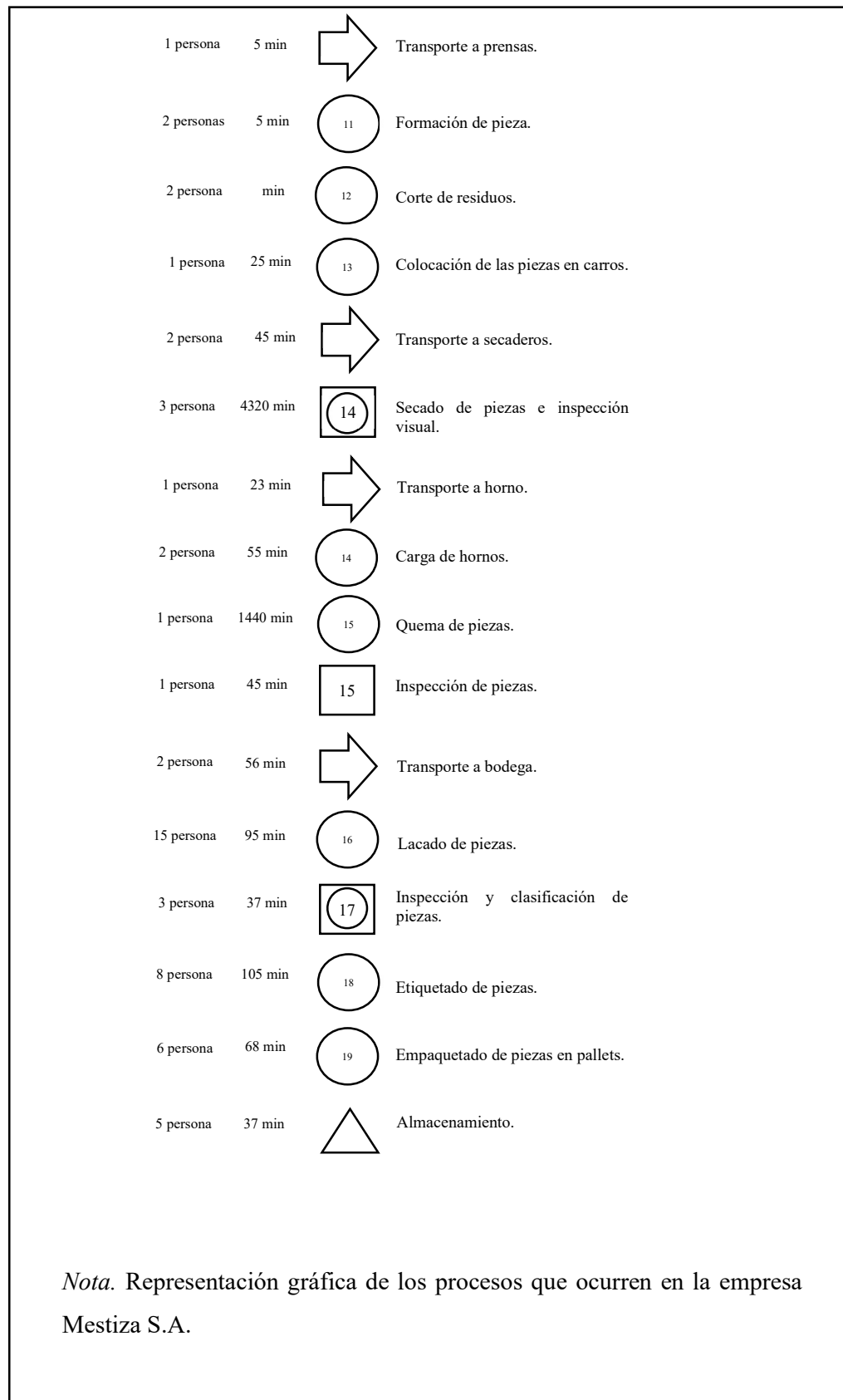


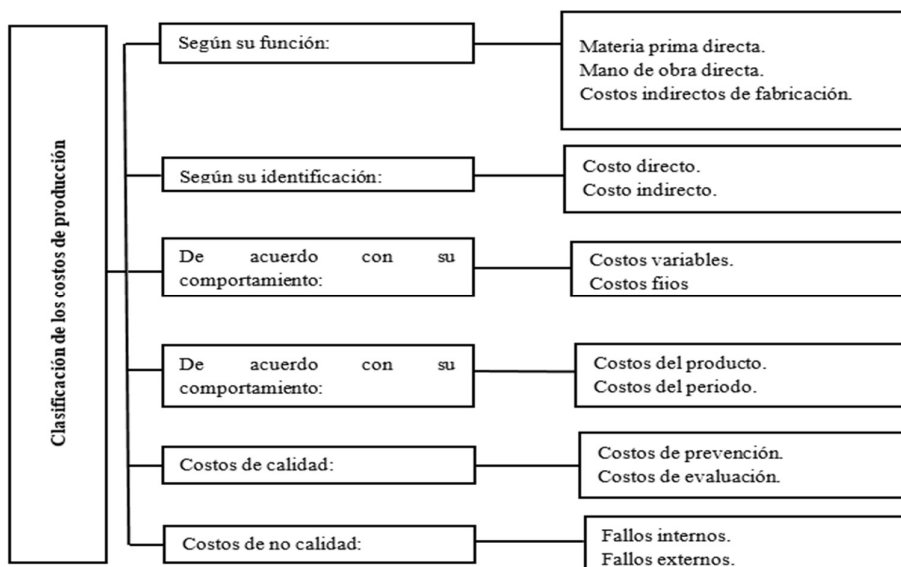
Figura 37. Diagrama de procesos.



3.1.4.1 Costos de producción

De acuerdo con Rojas (2007) los costos de producción son los gastos generados al transformar la materia prima en un producto final, y deben considerarse por medio de la técnica de costeo absorbente, que incluye todos los gastos del proceso productivo como parte del costo del producto.

Figura 38. *Clasificación de los costos de producción.*



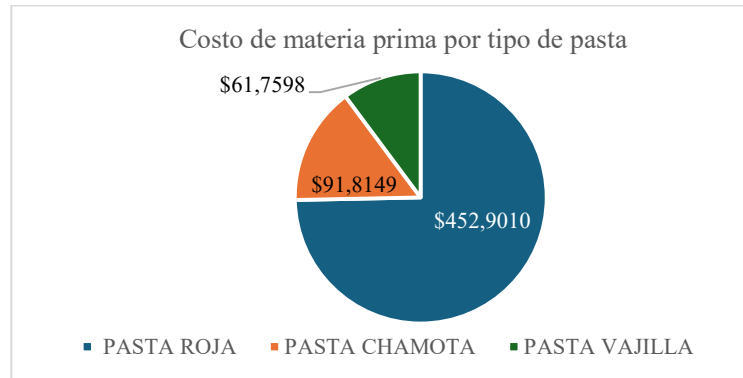
Nota. Estructura de los elementos que componen los costos de fabricación. Adaptado de sistemas de costos: un proceso para su implementación, por (Rojas, 2007).

A partir de la estructura presentada, se analiza la operación de Mestiza S.A., destacando que los costos de producción son cruciales en la transformación de materias primas en productos terminados. Es necesario incluir todos los recursos utilizados en el proceso dentro del valor unitario. Así, la rentabilidad de la empresa está directamente vinculada a la correcta identificación, medición y asignación de costos, asegurando que se consideren tanto los costos directos como los indirectos en el precio final del producto.

Materia prima

El control preciso de la materia prima en la empresa Mestiza S.A., es crucial, ya que determina el costo unitario de los artículos cerámicos y ayuda a fijar precios competitivos. Además, permite medir el impacto de los desperdicios en la planta y a identificar fugas de capital por mermas, justificando la necesidad de estandarización.

Figura 39. *Distribución del costo total de materia prima por tipo de pasta.*



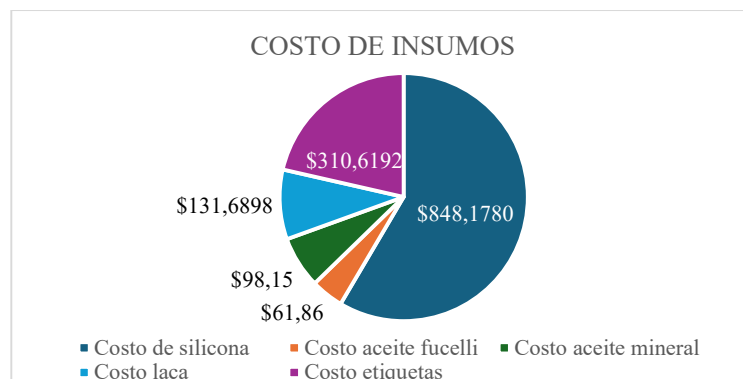
Nota. Representación económica agregada del costo de adquisición de arcillas según la base de pasta cerámica empleada.

La pasta roja es el componente principal para fabricar arcillas, siendo la base de 16 artículos y con un costo de \$452,90. La pasta chamota ocupa el segundo lugar con un costo de \$91,81, influenciado por su alto costo unitario en piezas grandes. La pasta vajilla es la más optimizada, con un costo de \$61,75, debido a que se utiliza en artículos pequeños y de alta velocidad de molino.

Costo de insumos

Es crucial registrar los recursos utilizados en el acabado y empaque de las piezas cerámicas. La contabilidad de siliconas y aceites protectores permite calcular con precisión el costo por producto, facilitando a la gerencia identificar los artículos con mayor demanda de suministros y proteger los márgenes de beneficio.

Figura 40. *Costo total de insumos.*



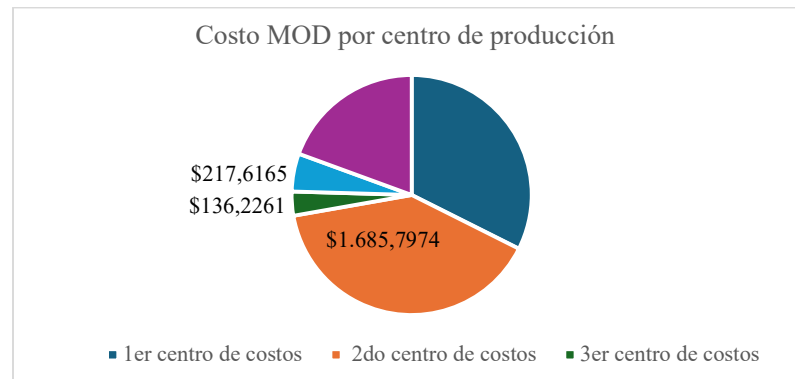
Nota. Grafica de los costos de insumos complementarios y de acabado consumidos durante el turno de producción en la empresa Mestiza S.A.

El análisis de costos de insumos revela que la silicona es el recurso más caro, con una inversión de \$848,17, seguida por etiquetas a \$310,61 y laca a \$131,68. Los aceites para desmolde y lubricación son menos costosos, representando \$98,15 para aceite mineral y \$61,86 para aceite fucelli. Se recomienda que la empresa optimice el uso de silicona y gestione mejor la compra de etiquetas, dado su significativo impacto económico.

Mano de obra

La determinación del costo de la mano de obra directa en Mestiza S.A. es crucial para evaluar la eficiencia laboral, optimizar procesos y tomar decisiones estratégicas que incrementen la productividad en la producción de arcilla.

Figura 41. *Distribución de costo de mano de obra directa por centro de producción.*



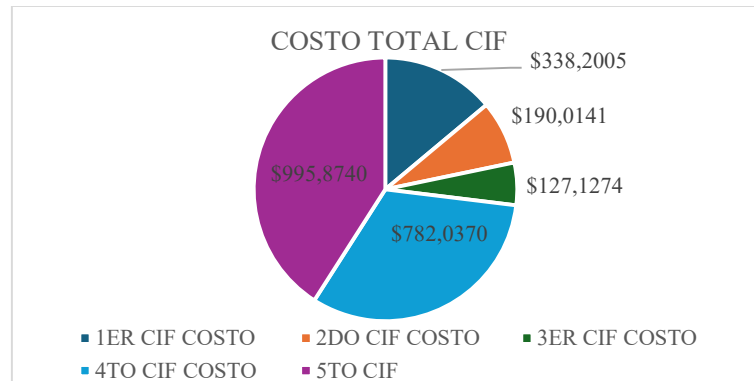
Nota. Representación monetaria del costo de mano de obra directa (MOD) distribuido entre los 5 centros de costos operativos identificados en el proceso de fabricación de la empresa Mestiza S.A.

La mano de obra directa en la producción se concentra en las etapas iniciales, donde el segundo centro de costos es el más alto con \$1,685,79, seguido del primero con \$1,372,68. Las actividades de manipulación y modelado requieren la mayor inversión de mano de obra, mientras que las etapas intermedias y finales como secado y cocción tienen costos bajos de \$136,23 y \$217,62 respectivamente. Sin embargo, en la etapa de bodega, el costo aumenta a \$822,33 debido a la intervención manual para acabados y preparación de lotes.

Costos indirectos de fabricación

La gestión efectiva de los costos indirectos de fabricación (CIF) en Mestiza S.A. es crucial para asignar adecuadamente gastos como energía y suministros. Utilizando el costeo absorbente, la empresa puede identificar áreas de altos costos fijos y mejorar la precisión en el cálculo de márgenes de ganancia.

Figura 42. *Distribución del CIF por centro de producción.*



Nota. Representación en valores monetarios de los costos indirectos de fabricación (CIF) asignados a los cinco centros de costos asignados.

El análisis de costos indirectos de fabricación de Mestiza S.A. revela que el cuarto centro de costos, el consumo de gas de hornos presenta un problema con un costo de \$782.69, debido a su limitada capacidad de producción. Esto genera un costo elevado de \$995.87 en el quinto centro de costos relacionado con logística y embalaje. Los costos asociados al consumo de energía, en los centros 1, 2 y 3, son estables en \$655.34. Se recomienda a la gerencia mejorar el equilibrio en la producción, aumentando la capacidad del horno o coordinando mejor los procesos de prensado para reducir costos innecesarios.

- **Análisis de los costos de producción en la empresa Mestiza S.A.**

Los estados financieros de las organizaciones del sector deben elaborarse según las Normas Internacionales de Información Financiera, destacando la NIIF 18 en Mestiza S.A. Esto implica clasificar las entradas y salidas según las actividades operativas, de inversión y financiación, lo que requiere una clara clasificación de los flujos de dinero. En este contexto, el análisis de costos de producción en Mestiza S.A. utiliza estos principios para evaluar la rentabilidad en la línea THD.

Tabla 33. Costo de producción del periodo y desglose de materia prima.

Categoría (NIIF 18)	Elemento del Costo	Valor (USD)
Operación.	Inventario de arcillas.	6.000,41
	Compras de arcillas.	13.334,24
	Materia prima disponible.	19.334,65
	Inventario final de arcillas.	(2.268,00)
	Materia prima consumida.	17.066,65
	Mano de obra directa.	14.840,06
	Costo primo.	31.906,71
	Costos indirectos de fabricación.	23.971,52
	Costo de producción del periodo.	55.878,23

Nota. Los valores entre paréntesis representan una disminución en el cálculo del costo. De acuerdo con la NIIF 18, las partidas de costos de producción e inventarios se clasifican dentro de las actividades de operación.

El análisis revela que el costo total de producción fue de \$55.878,23, con un costo inicial de \$31.906,71, representando el 57,10 % del total. Este gasto se origina por un uso eficaz del 88,27 % de la materia prima (\$17.066,65) y un significativo empleo directo (\$14.840,06). Los gastos indirectos constituyen el 42,90 % restante (\$23.971,52). La estructura de costos requiere supervisión estricta para proteger los márgenes, y según la NIIF 18, estos desembolsos se clasifican como operativos, impactando el resultado operativo de la organización.

Tabla 34. Estado de resultados bajo la estructura NIIF 18.

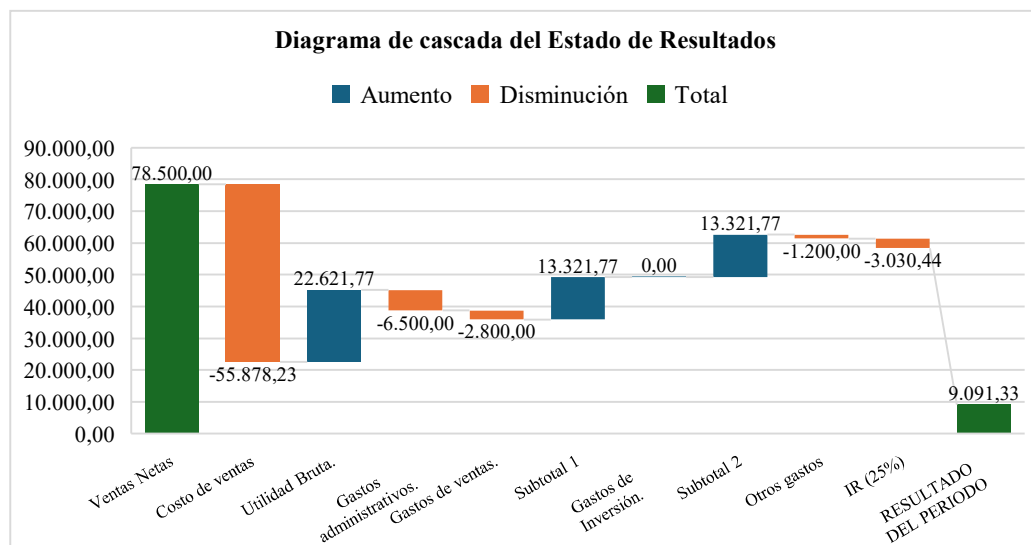
Categoría NIIF 18	Concepto	Valor (USD)
Operación.	Ingresos de actividades ordinarias (ventas netas).	78.500,00
	Costo de ventas (por función)	(55.878,23)
	Utilidad bruta.	22.621,77
	Gastos administrativos.	(6.500,00)
	Gastos de ventas.	(2.800,00)
	Resultado de operación (subtotal 1).	13.321,77
Inversión.	Ingresos / Gastos de inversión.	0,00
	Resultado antes de financiación e impuestos (Subtotal 2).	13.321,77
Financiación.	Gastos por intereses (Otros gastos).	(1.200,00)
Impuestos.	Impuesto a la renta (25%).	(3.030,44)
	RESULTADO DEL PERIODO	\$9.091,33

Nota. Los valores entre paréntesis representan cifras negativas correspondientes a costos, gastos o deducciones fiscales. De acuerdo con la NIIF 18, se exponen de forma

separada los tres subtotales requeridos para evaluar el rendimiento operativo, de inversión y financiero de la entidad.

El análisis financiero revela una sólida rentabilidad, con ingresos por ventas de \$78.500,00 que cubren el costo de producción de \$55.878,23, resultando en un margen bruto del 28,82%. A pesar de los gastos administrativos y de venta, la entidad alcanza un resultado operativo de \$13.321,77, logrando un margen operativo del 16,97%. Tras deducir los gastos por intereses y los impuestos del 25%, el beneficio neto asciende a \$9.091,33, lo que representa un margen de beneficio del 11,58%.

Figura 43. *Gráfica de cascada para el estado de resultados.*



Nota. El gráfico de cascada muestra el flujo financiero de la entidad, con barras verdes para saldos iniciales y finales, barras naranjas para las disminuciones por costos, gastos e impuestos, y barras azules que representan los subtotales acumulados.

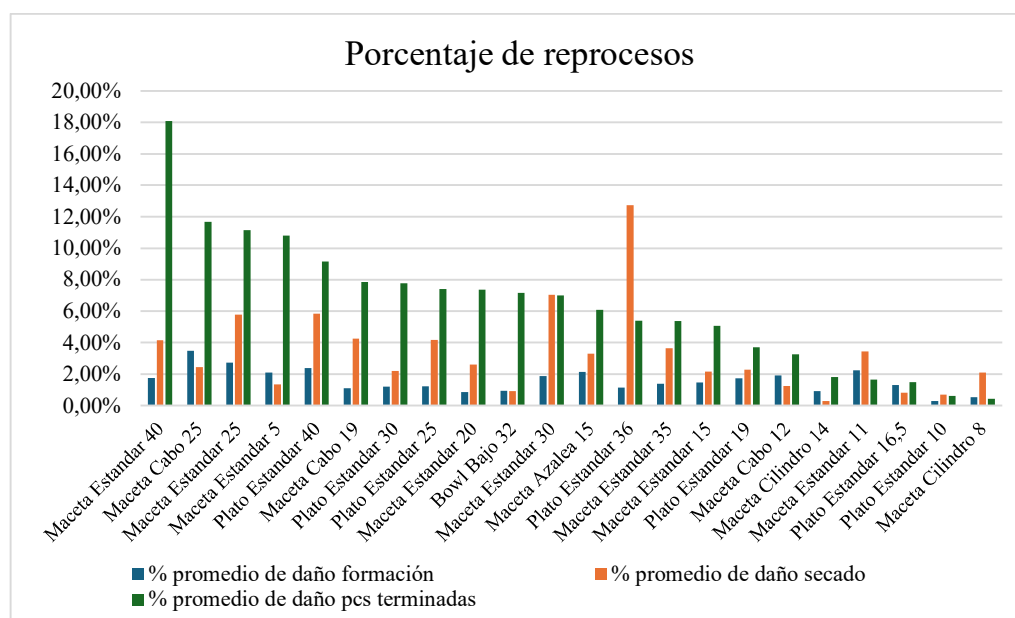
El análisis de la Figura 43 revela que la viabilidad financiera de la entidad se sitúa en un umbral donde casi el 75% de los ingresos se destinan al costo de ventas. Un control adecuado de los costos indirectos puede eliminar amenazas al flujo financiero. Además, la falta de diversificación entre los subtotales indica una dependencia alta en el núcleo operativo; sin embargo, una ligera pendiente en el último segmento sugiere que los costos de financiamiento y los impuestos limitan el beneficio neto.

3.1.4.2. Productividad

A partir de los balances financieros de la empresa Mestiza S.A., se identifica una brecha entre la capacidad instalada y las ganancias reales, lo cual, junto con fallas técnicas recurrentes, erosiona la rentabilidad al incurrir en costos no identificados. Las pérdidas operativas afectan la utilidad neta, evidenciando inestabilidad en los procesos actuales y la necesidad de revisar las etapas con mayores reprocesos para mitigar estos efectos.

El anexo 14 revela que Mestiza S.A. enfrenta significativas ineficiencias, especialmente en la etapa de piezas finales, que representa el 85,42 % del costo total por reprocesos, resultando en pérdidas de \$3,808.76. En junio, se registraron 7,690 unidades defectuosas, generando pérdidas de \$4,458.76. Entre los productos dañados, el plato estándar tamaño 10 tuvo un 18,07 % de fallas, equivalentes a 687 unidades y pérdidas de \$1,973.88. La etapa de formación manual fue la más eficiente con un costo bajo de \$238.22 por 1,374 piezas reprocesadas. Sin embargo, la etapa de secado intermedio mostró pérdidas de \$411.78. Las ineficiencias se atribuyen a problemas térmicos en los hornos y en bodega, subrayando la necesidad de estabilizar la curva de cocción y normalizar los procesos para disminuir el derroche operativo.

Figura 44. Distribución comparativa del porcentaje de daño por etapa operativa y artículo.



Nota. Representación visual de mermas en las fases de formación, secado y piezas terminadas (horno y bodega), permitiendo identificar las tendencias.

El gráfico de la Figura 44 indica que la etapa de piezas es la principal fuente de mermas en la planta, destacando la maceta estándar 40 con un daño del 18,07 %. Otros productos, como la maceta cabo 25 y la maceta estándar 25 y 5, también muestran daños superiores al 10 %. Las mermas son más significativas al final del flujo de producción. En contraste, los daños en secadero, representados por barras naranjas, son más controlados, aunque el plato estándar 36 presenta una merma del 12,37 %, sugiriendo problemas de deformación. Las barras azules de la etapa de formación muestran una eficiencia homogénea en todos los productos.

Dicho esto, recopilando datos de la empresa Mestiza S.A., sobre la demanda, tiempo disponible y takt time. La empresa opera 5 días de la semana en jornadas de 8 horas, con 1 paradas para revisión de maquinarias, la empresa trabaja con 3 turnos, el primer turno empieza a las 04:00 am hasta las 12:00 pm, el segundo empieza desde la 1:00 pm hasta las 9:00 pm y los operarios del tercer turno trabajan de 10:00 pm a 6:00 am; lo que equivale a un total de 24 horas diarias y 120 horas semanales, y para la demanda la empresa dio un estimado de 12600 kg por proceso, con un valor de 252 toneladas al mes. Lo cual sirve para calcular los siguientes indicadores:

$$Demanda_{diaria} = \frac{Demanda\ mensual}{Días\ de\ trabajo\ mensual} = \frac{252\ toneladas}{20\ dias} = 12.6\ ton/dias$$

El resultado establece que el flujo operativo de la empresa Mestiza S.A., debe asegurar la transformación constante de 12.6 toneladas diarias de arcilla, actuando como la meta base de abastecimiento de la planta.

$$Volumen = \frac{Unidades\ producidas}{horas\ de\ la\ jornada} = \frac{67716\ unidades}{105\ horas} = 644,91\ u/h$$

La tasa de salida real de la fábrica se consolida en 645 piezas cerámicas por cada hora de operación activa, lo que refleja la velocidad del proceso de manufactura automatizado y manual.

$$Tack\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda\ diaria} = \frac{21\ horas * 60\ min/h}{12,6} = 100\ min/ton$$

El cálculo determina que la empresa Mestiza S.A., dispone de un margen máximo de 100 minutos para procesar, quemar y liberar una tonelada métrica de

producto terminado. Si la planta supera este tiempo por cada tonelada, incurrirá en retrasos con el mercado; si produce más rápido, genera inventario innecesario.

$$Productividad\ h - h = \frac{Unidades\ producidas}{Insumos\ empleados} = \frac{67716\ u}{2560\ h - h} = 26,45 \frac{unidades}{h - h}$$

El rendimiento de la mano de obra se sitúa en 26,45 piezas por cada hora-hombre, tomando como base un consumo acumulado de 2560 horas de dotación de personal (64 operarios).

El análisis de los indicadores de la planta revela un flujo de manufactura con una velocidad de salida global de 644.91 unidades por hora, necesaria para procesar una tonelada de arcilla cada 100 minutos distribuidos a lo largo de sus tres turnos continuos. Para mantener la productividad laboral global de 26.45 unidades por hora-hombre de manera económicamente sostenible, la empresa debe asegurar que las piezas fabricadas superen satisfactoriamente los controles de calidad. Si alguna parte de este volumen requiere reprocesos, se altera el takt time real de la planta, lo que podría llevar a la empresa a extender los horarios de las paradas técnicas, habilitar horas extra o aumentar drásticamente los costos operativos para cumplir con las 12.6 toneladas diarias requeridas por el mercado.

Al retomar el volumen inicial de las piezas fabricadas durante el mes de junio, se procede a calcular el índice que reproceso (IR) global en la planta de producción para medir el grado de ineficiencia en el uso de los recursos directos.

$$IR(\%) = \left(\frac{Piezas\ reprocesadas}{total\ de\ piezas\ producidas} \right) \times 100 = \left(\frac{7690}{90410} \right) \times 100 = 8,50\%$$

Esto quiere decir que, de la jornada mensual, el 8,50 % de la producción resulto defectuosa en alguna de las etapas del flujo fabril (formación, secado, quema o bodega).

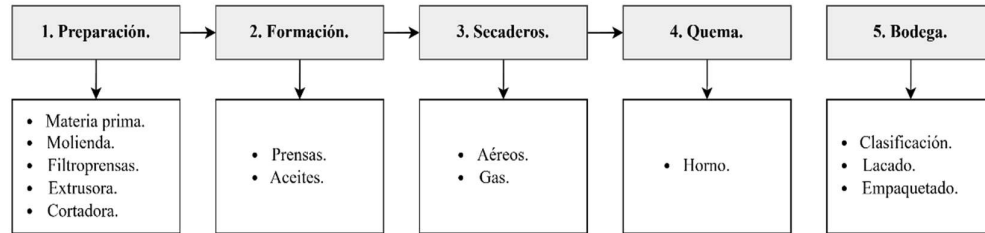
3.2.Propuesta.

3.2.1. Modelo de costos de producción

La ejecución del modelo y la presentación de los resultados financieros de la empresa Mestiza S.A., se segmentó en 5 centros de costos operativos. Esta departamentalización permitió identificar con mayor precisión las etapas del flujo de

manufactura donde se añade valor o se generan desviaciones económicas por reproceso, en la figura se muestra el flujo de los centros de costos.

Figura 45. Flujo en matriz de los centros de costos en la empresa Mestiza S.A.



Nota. Representación sistemática del recorrido lineal del material a través de los cinco centros de costos operativos de la empresa Mestiza S.A., detallando las actividades, equipos e insumos críticos asignados a cada etapa de la manufactura.

A partir del mapeo estructurado en la Figura 46, Se realiza la evaluación del diseño operativo y la secuencia de transformación de la cerámica. El flujo de la manufactura se organiza bajo un modelo lineal compuesto por cinco centros de costos secuenciales:

1. **Preparación:** es la fase de acondicionamiento de la materia prima incluye la molienda de arcillas, la extracción de humedad mediante filtro prensas, el uso de extrusoras para formar chorizos y cortadoras para obtener tacos de barro iniciales.
2. **Formación:** se moldea los artículos cerámicos aplicando aceites desmoldantes en las prensas que dan la geometría a la pieza, estos aceites se los aplica de acuerdo con la fórmula que requiere la pieza.
3. **Secaderos:** esta etapa es dedicada a la deshidratación de humedad controlada de las piezas crudas para evitar fisuras en sus bases, aquí se utilizan dos sistemas de secado: el aéreo y de gas, aquí se utiliza un consumo indirecto de gas como recurso térmico principal.
4. **Quema:** las piezas son horneadas a altas temperaturas, en este proceso consume bastante gas, y es considerado como el principal sumidero de recursos energéticos para la empresa.
5. **Bodega:** esta fase incluye tareas de clasificación de calidad de las piezas terminadas, el lacado superficial y el empaquetado para el despacho comercial.

Para alimentar el modelo matemático, se parametrizó la información en tres categorías esenciales: costos documentados de adquisición, dosificaciones químicas de los fluidos de proceso, indexando el pliego de tarifas eléctricas industriales vigentes en el Ecuador.

Tabla 35. Matriz de parámetros de entrada para la estructura de costos y variables operativas.

Entrada	Variable específica	Unidad de medida	Origen
Materiales.	Costo de arcilla.	USD / kg.	Facturas.
Pasta.	Peso taco	USD / kg.	Físico de piezas.
Aceites desmoldantes.	Aceite mineral + aceite silicona + fucelli.	USD / litro.	Facturas. Fórmulas de mezcla respecto a la pieza.
Lacado.	Mezcla de lacado (agua + silicona + laca).	USD / litro	Facturas. Dosificación por tina.
Mano de obra.	Tiempos de ciclo, carga, descarga y empaque.	Minutos / pcs.	Cronometraje.
Energía eléctrica.	Potencia de motores.	KW.	Placas de maquinaria.
	Horarios de trabajo.	Horas.	Tarifa eléctrica del Ecuador.
Energía térmica.	Líneas de secado.	Kg / hora.	Facturas de gas industrial.
	Quema de piezas.		
Bodega.	Costo unitario de pallets de madera.	USD / Pallet.	Registro de compras de bodega.

Nota. Variables técnicas, unidades de control y fuentes documentales utilizadas como base para la alimentación del sistema de costeo.

El análisis de la Tabla 37 es crucial para definir las variables críticas que respaldan la precisión del modelo financiero y operativo de Mestiza S.A. Una matriz clara de parámetros elimina la informalidad en la recolección de datos, asegurando que cada costo del producto provenga de fuentes verificables. Esto permite a la gerencia estandarizar auditorías internas, rastrear desviaciones económicas y asegurar que el cálculo de la rentabilidad por lote se base en datos reales y no en estimaciones.

3.2.2. Fórmulas desarrolladas en el modelo de costos

Materia prima.

3.2.2.1. Balance de masa por componente de arcilla

Sirve para conocer cuántos kilogramos de arcilla, se necesita para fabricar una sola pieza del artículo.

$$M_{i,c} = W_i \times \%P_{p,c}$$

$M_{i,c}$: Cantidad de arcilla c , en la pieza i .

W_i : Peso unitario del artículo.

$\%P_{p,c}$: Porcentaje de participación de las arcillas dentro de la receta de la pasta.

3.2.2.2. Costo ponderado unitario de arcilla por kilogramo

Sirve para calcular el costo total de la mezcla por cada kilogramo de pasta.

$$C_{total\ arcilla,i} = \sum_{c=1}^n (\%P_{p,c} \times Price_c)$$

$Price_c$: Costo de adquisición por kg de la arcilla según facturas comerciales.

3.2.2.3. Costo total del lote de producción

Para obtener el costo total de arcillas, que es el valor económico acumulado que ingresa al centro de costos 1 (preparación).

$$CT_{arcillas,i} = C_{total\ arcillas,i} \times Q_i$$

Q_i : Total de piezas formadas en el lote del artículo i .

Aceites.

3.2.2.4. Balance volumétrico por componente de aceite

Sirve para conocer la cantidad exacta en litros de cada insumo químico k (donde k puede ser mineral, silicona o fucelli) que se consume en un turno para el modelo i :

$$V_{i,k} = L_{turno,i} \times \%F_{i,k}$$

$V_{i,k}$: Volumen consumido del componente químico k para el artículo i por turno (L).

$L_{turno,i}$: Tasa global del consumo de lubricante en litros asignada al turno para el artículo.

$\%F_{i,k}$: Porcentaje de participación del componente k según la especificación.

3.2.2.5. Costo de insumos por turno operativo

Ya obtenidos los volúmenes fraccionados por componente, se multiplican por sus respectivos precios unitarios de factura para calcular el costo total de lubricación por turno.

$$CTA_{turno,i} = \sum_{k=1}^3 (V_{i,k} \times C_k)$$

$CTA_{turno,i}$: Costo total por turno en aceites para el artículo i .

C_k : Costo de adquisición por litro del insumo químico k.

3.2.2.6. Costo unitario de lubricación por pieza.

Para transferir de manera equitativa el costo del lubricante a cada unidad producida.

$$C_{aceite\ pcs,i} = \frac{CTA_{turno,i}}{Q_{turno,i}}$$

$Q_{turno,i}$: Volumen total de unidades físicas cerámicas terminadas.

Bodega (lacado y etiquetas).

3.2.2.7. Costo de laca por turno en función de la masa.

El consumo de la mezcla química (agua + laca y silicona) está directamente supeditado al área superficial de la pieza expuesta por inmersión. Al existir una correlación estandarizada entre la geometría y el peso del artículo, el modelo matemático emplea una constante de proporcionalidad volumétrica financiera ($\alpha = 2,096036988$) multiplicada por la masa de la arcilla.

$$C_{laca,i} = \alpha \times W_i$$

$C_{laca,i}$: Costo monetario total de la laca asignada al lote del artículo i durante el turno.

α : Constante paramétrica del consumo de mezcla superficial.

W_i : Peso neto o masa del artículo i expresado en kg.

3.2.2.8. Costo de etiquetas por turno

A diferencia de los recubrimientos químicos, las etiquetas presentan un comportamiento de consumo lineal unitario y estricto. Cada pieza demanda exactamente una etiqueta autoadhesiva cuyo costo de adquisición de factura es fijo $C_{u_etiquetas} = \$0,0083$.

$$C_{etiquetas,i} = C_{u_etiqueta} \times Q_{turno,i}$$

$C_{etiquetas,i}$: Costo total de etiquetas asignado al lote del turno.

$C_{u_etiqueta}$: Costo unitario fijo de adquisición por etiqueta.

3.2.2.9. Consolidación de Insumos de bodega por turno

$$CI_{bodega,i} = C_{laca,i} + C_{silicona,i} + C_{etiquetas,i}$$

$CI_{bodega,i}$: Costo total de insumos asignados al lote por turno, de 5to centro de costos.

$C_{silicona,i}$: Costo total de la silicona líquida consumida en el turno para el lote.

3.2.2.10. Costo unitario de insumos de bodega por pieza

Para transferir con precisión el impacto financiero de este bloque hacia la estructura de costo unitario del producto terminado, se divide el costo total acumulado del turno entre el volumen físico real de salida.

$$C_{u_{insumo},i} = \frac{CI_{bodega,i}}{Q_{turno,i}}$$

$C_{u_{insumo},i}$: Costo unitario final indexado por concepto de insumos de bodega para i artículo.

Primer centro de costos (MOD).

3.2.2.11. Mano de obra en el subproceso de molienda

El esfuerzo laboral requerido para la desintegración y molienda del mineral es directamente proporcional al volumen de masa bruteada. El modelo matemático aplica una tasa fija por kilogramo procesado multiplicada por la demanda de masa del lote del turno, teniendo como costo fijo $C_{u_{molienda}} = \$0,00567609$.

$$MOD_{molino,i} = M_{Turno,i} \times C_{u_{molienda}}$$

$MOD_{molino,i}$: Costo total de mano de obra del molino asignado al lote por turno.

$M_{Turno,i}$: Masa total de pasta cerámica demandada para la conformación del lote.

$C_{u_{molienda}}$: Tasa estándar de costo de mano de obra directa por kg de molienda.

3.2.2.12. Mano de obra en el subproceso de filtro prensa

La deshidratación y compactación de la barbotina de arcilla en las placas filtrantes mantiene un comportamiento supeditado a la masa física. Se calcula mediante la siguiente relación lineal teniendo como costo fijo $C_{u_{filtroprensa}} = \$0,00640160$.

$$MOD_{filtroprensa,i} = M_{Turno,i} \times C_{u_{filtroprensa}}$$

$MOD_{filtroprensa,i}$: Costo total de mano de obra de la filtroprensa asignado al lote.

$C_{u_{filtroprensa}}$: Tasa estándar de costo de mano de obra directa por kg.

3.2.2.12. Mano de obra en extrusora primera pasada

La fase de alimentación bruta y compactación inicial dentro de la extrusora se modela como un costo variable gobernado por el volumen de material procesado, teniendo nuevamente como costo fijo $C_{u_{ext_1}} = \$0,0038042$.

$$MOD_{ext_1,i} = M_{Turno,i} \times C_{u_{ext_1}}$$

$MOD_{ext_1,i}$: Costo total de mano de obra de la primera pasada de la extrusora por turno.

$C_{u_ext_1}$: Tasa estándar de costo de mano de obra directa por kg para la primera pasada.

3.2.2.13. Mano de obra en extrusora segunda pasada

A diferencia de las etapas previas, la extrusión final del cilindro de pasta plástica exige un monitoreo continuo del tiempo de ciclo de la máquina, por lo que se comporta como un cargo fijo y constante por turno operativo, asimismo tiene un costo fijo de $K_{ext_2} = \$14,89972458$.

$$MOD_{ext_2,i} = K_{ext_2}$$

$MOD_{ex_2,i}$: Costo total de mano de obra de la segunda pasada de la extrusora por turno.

K_{ext_2} : Cargo fijo de mano de obra por disponibilidad del equipo en el turno.

3.2.2.14. Mano de obra en el subproceso de cortadora

El modelo matemático no emplea una tarifa fija estimada por pieza, sino que calcula el impacto financiero unitario indexando el salario por hora y el tiempo estándar de la actividad frente al volumen real del lote, con valores fijos de $T_{std} = 2,8$ horas y $S_{hora} = \$4,26$.

$$C_{u_corte,i} = \frac{N_{op} \times T_{std} \times S_{hora}}{Q_{turno,i}}$$

$C_{u_corte,i}$: Costo unitario de mano de obra en el subproceso de corte para el artículo i.

N_{op} : Número de operarios asignados activamente a la maquinaria de corte (1 operario).

T_{std} : Tiempo estándar del procesamiento o ciclo asignado a la actividad en el turno.

S_{hora} : Salario por hora cargado a la mano de obra directa de Mestiza S. A.

3.2.2.15. Costo de lote por turno subproceso de corte

Una vez obtenido el valor unitario, el modelo ejecuta la multiplicación lineal por el volumen del lote para obtener el egreso total del turno:

$$MOD_{coste,i} = C_{u_corte,i} \times Q_{turno,i}$$

$MOD_{coste,i}$: Costo total de mano de obra directa por corte unitario.

3.2.2.16. Consolidación de la mano de obra directa del centro de costos 1

Finalmente, para obtener el costo acumulado total por concepto de mano de obra directa en el departamento de preparación, se ejecuta la agregación lineal de las cinco subetapas de la planta:

$$MOD_{CC1,i} = MOD_{molino,i} + MOD_{filtroprensa,i} + MOD_{ext_1,i} + MOD_{ext_2,i} + MOD_{corte,i}$$

$MOD_{CC1,i}$: Carga fabril consolidada de mano de obra directa del centro de costos 1.

Segundo centro de costos (MOD).

3.2.2.17. Costo de mano de obra de formación en prensas por turno

El costo monetario total por esfuerzo laboral asignado al subproceso de prensado para el lote del artículo i durante una jornada estándar se define formalmente como:

$$MOD_{formación,i} = N_{op_prensa} \times S_{hora} \times H_{turno,i}$$

$MOD_{formación,i}$: Costo total de mano de obra de prensas asignado al lote del artículo i .

N_{op_prensa} : Número de operadores requeridos para la manipulación y abastecimiento

$H_{turno,i}$: Cantidad de horas netas que abarca el turno de trabajo.

3.2.2.18. Costo unitario de mano de obra de formación por pieza

Para conocer el peso financiero individual que cada unidad terminada recibe de este departamento, el modelo matemático divide el costo fijo del turno entre el volumen real de piezas prensadas:

$$C_{u_MOD_form,i} = \frac{MOD_{formación,i}}{Q_{turno,i}}$$

$C_{u_MOD_form,i}$: Costo unitario de mano de obra de formación por pieza.

3.2.2.19. Consolidación de la mano de obra directa del centro de costos 2

Finalmente, al no existir subprocesos manuales adicionales en esta etapa del flujo de manufactura, el costo consolidado de mano de obra directa para el segundo centro de costos se iguala directamente al valor de la etapa de prensado:

$$MOD_{CC2,i} = MOD_{formación,i}$$

$MOD_{CC2,i}$: Carga fabril de mano de obra directa consolidada para el centro de costos 2.

3.2.2.20. Costo por turno según secadero

El costo monetario total por concepto de esfuerzo laboral asignado al proceso de secado para el lote del artículo i durante un turno de trabajo se define mediante la siguiente función condicional:

$$MOD_{secadero,i} = \begin{cases} 1 \times S_{ho} & \text{Si el artículo } i \text{ utiliza secadero tipo gas} \\ 2 \times S_{hora} & \text{Si el artículo } i \text{ utiliza secadero tipo aeróo} \end{cases}$$

$MOD_{secadero,i}$: Costo total de mano de obra de secaderos asignado al lote de artículo i .

3.2.2.21. Costo unitario de mano de obra de secadores por pieza

Para transferir con precisión el peso financiero de la jornada de secado hacia cada unidad física que ingresa a las cámaras, el modelo matemático divide el costo del turno entre el volumen total del lote:

$$C_{u_MOD_sec,i} = \frac{MOD_{secadero,i}}{Q_{turno,i}}$$

$C_{u_MOD_sec,i}$: Costo unitario de mano de obra de secaderos por pieza.

3.2.2.22. Consolidación de mano de obra directa del centro de costos 3

Finalmente, al consolidar la carga fabril total de mano de obra para el tercer centro de costos, el algoritmo hereda directamente el valor monetario acumulado de la etapa de secado:

$$MOD_{CC3,i} = MOD_{secadero,i}$$

$MOD_{CC3,i}$: Carga fabril de mano de obra directa consolidada para el centro de costos 3.

Cuarto centro de costos (MOD).

3.2.2.23. Balance de masa total del lote por turno

Se calcula los kilogramos brutos iniciales de arcilla que se demandan para conformar el lote total de producción planificado en la jornada laboral de 8 horas.

$$M_{turno,i} = W_i \times Q_{turno,i}$$

3.2.2.24. Masa neta de piezas secas deshidratadas

Se parametrizó la pérdida de masa por evaporación del agua plástica ocurrida en la etapa previa de secado, aplicando un factor de eficiencia másica constante del 80 %:

$$M_{seca,i} = M_{turno,i} \times 0,80$$

$M_{seca,i}$: Masa total neta de piezas deshidratadas secas que ingresen a las vagonetas.

3.2.2.25. Tiempo estándar de carga y descarga operativa por lote

Se determinó las horas reloj requeridas para la movilización y estiba refractaria manual, dividiendo el trabajo másico neto entre la capacidad de manipulación física máxima de la cuadrilla por jornada:

$$T_{operativo,i} = \frac{M_{seca,i} \times H_{jornada}}{Cap_{Max_jornada}}$$

$T_{operativo,i}$: Tiempo estándar asignado a las actividades físicas de carga y descarga del lote.

$H_{jornada}$: Duración estándar de la jornada laboral de la planta, fijada en 8 horas.

$Cap_{Max_jornada}$: Capacidad o tasa estándar de manipulación máxima que el personal puede cargar

3.2.2.26. Costo de mano de obra de carga y descarga por lote

Se ejecutó la valorización económica de la jornada de estiba multiplicando las horas operativas calculadas por el salario por hora industrial de la empresa:

$$MOD_{quema,i} = T_{operativo,i} \times S_{hora}$$

$MOD_{quema,i}$: Costo total de mano de obra de carga y descarga asignado al lote por turno.

3.2.2.27. Costo unitario de mano de obra por pieza

Se transfiere el impacto financiero de este bloque hacia la estructura unitaria del artículo terminado, dividiendo el costo total asignado al lote en el turno entre el volumen físico real de salida:

$$C_{u_MOD_quema,i} = \frac{MOD_{quema,i}}{Q_{turno,i}}$$

$C_{u_MOD_quema,i}$: Costo unitario de mano de obra de quema para el artículo i.

3.2.2.28. Consolidación de la mano de obra directa del centro de costos 4

Al no existir subprocesos manuales o puestos de trabajo adicionales en el área de cocción, el costo consolidado de mano de obra directa para el cuarto centro de costos hereda de manera lineal e íntegra el valor total del subproceso térmico:

$$MOD_{CC4,i} = MOD_{quema,i}$$

$MOD_{CC4,i}$: Carga fabril de mano de obra directa consolidada para el centro de costos 4.

Quinto centro de costos (MOD).

3.2.2.29. Tiempo estándar de ciclo unitario en bodega

Determina la fracción de tiempo estándar en minutos que un operario requiere para procesar individualmente cada artículo cerámico, calculando el inverso matemático de la tasa de rendimiento operacional por minuto:

$$T_{Cu,i} = 1 / R_{min,i}$$

$TT_{Cu,i}$: Tiempo de ciclo estándar por pieza para el artículo i (Minutos/pieza).

$1/R_{min,i}$: Rendimiento o piezas procesadas por minuto en la estación de trabajo para el artículo i (Piezas/minuto).

3.2.2.30. Tiempo de ciclo unitario expresado en hora

Se realiza una conversión dimensional dividiendo el tiempo en minutos entre sesenta, logrando homologar la unidad de tiempo con la base de la tarifa salarial horaria de la empresa:

$$T_{Cu_horas,i} = T_{Cu,i} / 60$$

$T_{Cu_horas,i}$: Tiempo de ciclo estándar por pieza expresado en horas reloj (Horas/pieza).

3.2.2.31. Costo unitario de mano de obra de lacado por pieza

Se ejecuta la valorización económica directa del esfuerzo laboral unitario de acabado, multiplicando la fracción de hora requerida por el artículo por la tarifa salarial por hora de la planta:

$$Cu_{laca,i} = T_{Cu_horas,i} * S_{hora}$$

$Cu_{laca,i}$: Costo unitario de mano de obra en el proceso de acabado para el artículo i (USD/pieza).

3.2.2.32. Costo de mano de obra de lacado por lote

Se multiplica el costo de mano de obra por unidad obtenido por el volumen físico total del lote, consolidando el gasto fabril de lacado generado en el turno para ese modelo específico:

$$MOD_{laca,i} = Cu_{laca,i} * Q_{turno,i}$$

$MOD_{laca,i}$: Costo total de mano de obra de lacado asignado al lote por turno operativo.

$Q_{turno,i}$: Volumen total de unidades físicas (piezas) del lote procesadas en el turno.

3.2.2.33. Tiempo colectivo agregado de empaque por lote

Se calcula los minutos-hombre totales invertidos de forma conjunta por la cuadrilla de la planta, multiplicando el tiempo cronometrado de la estación por la dotación fija de personal:

$$TE_{colectivo,i} = TE_{base,i} * N_{personal}$$

$TE_{colectivo,i}$: Tiempo colectivo agregado de empaque del lote para el artículo i (Minutos-hombre/turno).

$TE_{base,i}$: Tiempo estándar base cronometrado para el empaque del lote completo (Minutos).

$N_{personal}$: Coeficiente de dotación de personal asignada de manera conjunta a las labores de empaque en bodega, fija en 6 personas.

3.2.2.34. Horas-Hombre colectivas de empaque por lote

Se convierte el tiempo grupal acumulado a horas netas de nómina dividiendo los minutos-hombre entre la constante de sesenta:

$$TE_{horas,i} = TE_{colectivo,i} / 60$$

$TE_{horas,i}$: Tiempo colectivo de empaque expresado en horas-hombre por turno (Horas-hombre/turno).

3.2.2.35. Costo de mano de obra de empaque por lote

Se valoriza económicamente el bloque completo de empaquetado del turno, multiplicando las horas-hombre colectivas calculadas por la tarifa salarial horaria industrial de la planta:

$$MOD_{emp_turno,in} = TE_{horas,i} * S_{hora}$$

$MOD_{emp_turno,in}$: Costo total de mano de obra de empaque por turno (USD/turno).

3.2.2.36. Costo de mano de obra de empaque por unidad de pallet

Se dispersa el costo total del subproceso dividiéndolo entre la capacidad máxima de estiba logística para conocer la fracción económica que absorbe el producto según su unidad de carga:

$$Cu_{emp,i} = \frac{MOD_{emp_turno,i}}{Cap_{pallet,i}}$$

$Cu_{emp,i}$: Costo de mano de obra de empaque por unidad indexada del artículo i (USD/unidad-estiba).

$Cap_{pallet,i}$: Capacidad nominal o volumen de piezas terminadas optimizadas que abarca estructuralmente un pallet de madera completo para el artículo i.

3.2.2.37. Carga fabril consolidada de mano de obra en bodega

Finalmente, para obtener el costo acumulado total por concepto de esfuerzo laboral directo en el quinto departamento operativo, el algoritmo ejecuta la agregación lineal del subproceso de lacado y el subproceso de empaque:

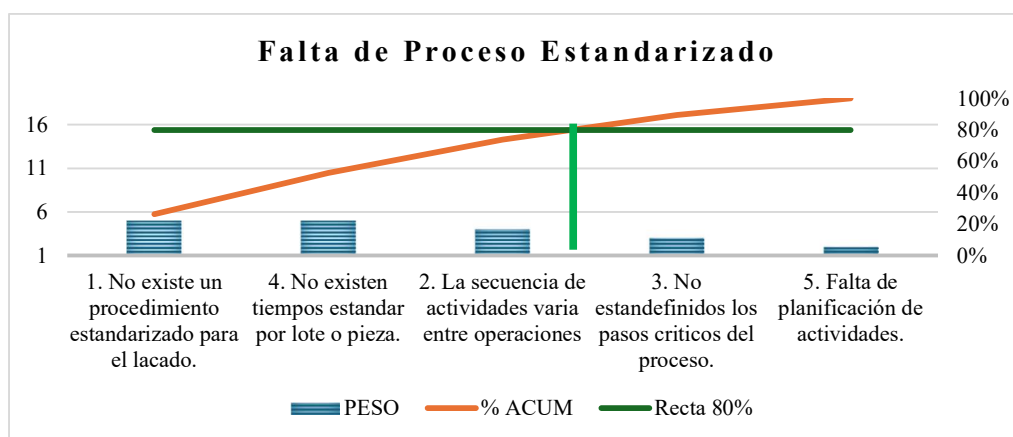
$$MOD_{CC5,i} = MOD_{laca,i} + MOD_{emp_turno,i}$$

$MOD_{CC,i}$: Carga fabril de Mano de Obra Directa consolidada para el Centro de Costos 5.

3.2.3. Mejora de la productividad

El diagrama de Ishikawa, o de causa-efecto, es crucial para identificar problemas de calidad en procesos productivos (Alarcón et al., 2024). En Mestiza S.A., se detectó que el 85,4 % del costo de reproceso, equivalente a \$3.808,76, proviene de la etapa de piezas terminadas, afectando la rentabilidad de productos como el plato estándar 10 y el maceta cilindro 8. Con un 8,50 % de piezas reprocesadas, se requiere implementar mejoras para reducir pérdidas y aumentar productividad. Se crea un diagrama de Ishikawa en el Anexo 19, aplicando las 6M (mano de obra, método, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente), para identificar variables operativas críticas y aplicar estrategias de mejora mediante la metodología 5S y estandarización de tiempos del proceso.

Figura 46. Diagrama de Pareto de las causas del proceso de lacado de piezas terminadas.

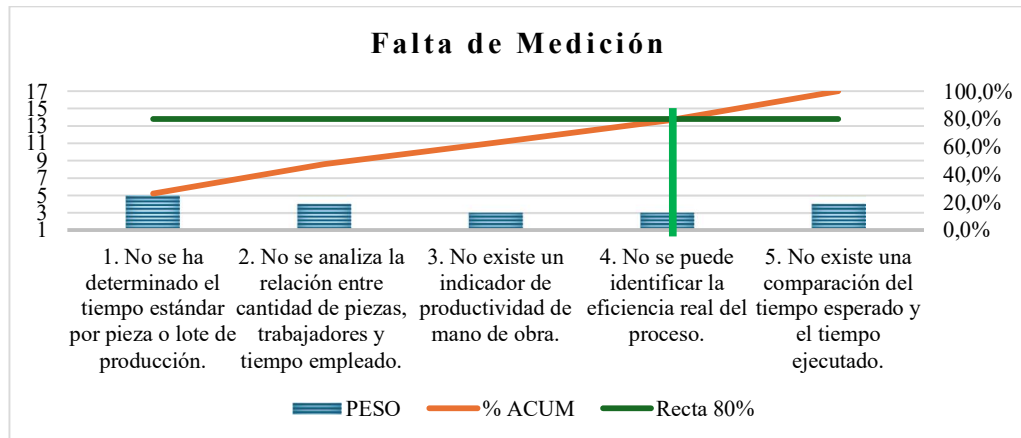


Nota. Diagrama de Pareto basado en el pesaje de frecuencias de errores en el área de acabado de la empresa objeto de estudio.

El análisis del diagrama de Pareto indica que el 75 % del impacto en el proceso de lacado proviene de tres causas principales: la falta de procedimientos estandarizados (31 %), la ausencia de tiempos establecidos por lote (56 %) y las diferencias en la secuencia de actividades (75 %). Abordar estas cuestiones podría reducir pérdidas económicas y reprocesos. Se identificó la falta de estandarización como la causa raíz más crítica, lo que llevó a un segundo análisis de Ishikawa que

destacó variables como la dependencia de la experiencia del operador y la variabilidad en los flujos de producción, para desarrollar un plan de acción eficaz.

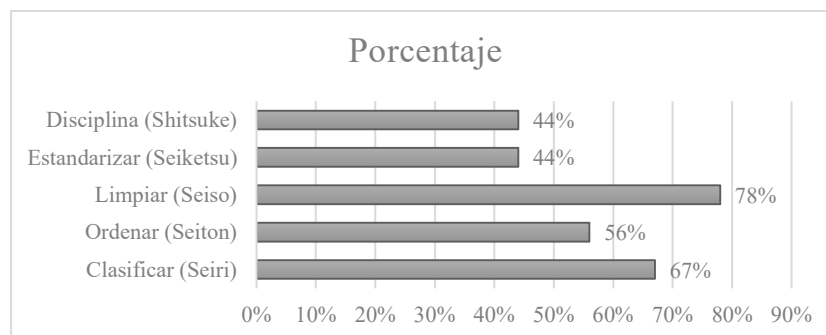
Figura 47. Diagrama de Pareto de segundo nivel para las causas de medición en el proceso de lacado.



Nota. Diagrama de Pareto de segundo nivel correspondiente a la desagregación y priorización de las subcausas de la categoría “medición”.

El análisis de Pareto de segundo nivel revela que la falta de un tiempo estándar en "medición" es la subcausa más crítica del proceso de lacado, aportando 5 puntos al 29.4% de los problemas, seguida por otro factor que suma 4 puntos (23.5%). Juntas, las principales causas representan el 82.4%, lo que sugiere un gran potencial de reducción al abordarlas. La metodología 5S se destaca para mejorar la medición de tiempos y la productividad, optimizando la organización y eliminando tiempos innecesarios, lo que permite mantener condiciones uniformes y resultados sostenibles.

Figura 48. Evaluación inicial 5S.



Nota. Cumplimiento porcentual obtenido en el diagnóstico inicial.

La Figura 48 revela una heterogeneidad en la madurez organizativa: un 78 % en limpieza (Seiso) y solo un 44 % en estandarización (Seiketsu) y disciplina (Shitsuke). Esto sugiere deficiencias en los procedimientos operativos estándar y auditorías internas. Se recomienda formalizar directrices operativas para optimizar la estandarización de procesos y mitigar las ineficiencias utilizando la metodología 5S.

Estandarización de lacado

La estandarización del proceso de lacado se enfocó en dos referencias con el mayor porcentaje de reprocesos en bodega, dado que son responsables de la mayor pérdida de productividad y costos. Esta selección prioriza productos críticos, donde la mejora del método de trabajo tiene un impacto operativo significativo.

Maceta estándar 40.

Tabla 36. *Datos de producción de la maceta estándar 40.*

Artículo	Observación	Lote realizado	Trabajadores	Tiempo (min)
Maceta estándar 40.	1	150	3	50
	2	235	4	65
	3	175	4	65
	4	272	4	65
	5	165	5	70

Nota. Los datos muestran las variaciones de tiempo y personal para cinco lotes de producción distintos.

El análisis del proceso productivo indica que aumentar la cantidad de trabajadores no garantiza mayor eficiencia. Un ejemplo revelador es que el lote 4, con 4 trabajadores, produjo 272 unidades en 65 minutos, mientras que el lote 5, con 5 empleados, solo generó 165 unidades en 70 minutos. Esto sugiere problemas como cuellos de botella y fallas en el abastecimiento de materiales. Se recomienda estandarizar procesos para optimizar la producción. Además, se concluye que el tamaño del lote tiene un impacto mayor en la eficiencia que la cantidad de personal. El lote 4 mostró una productividad de 1,05, mientras que el aumento de trabajadores en el lote 5 resultó en un decremento en la producción y un incremento del tiempo por unidad a 0,42 minutos.

Maceta cabo 25.

Tabla 37. Datos de producción de la maceta cabo 25.

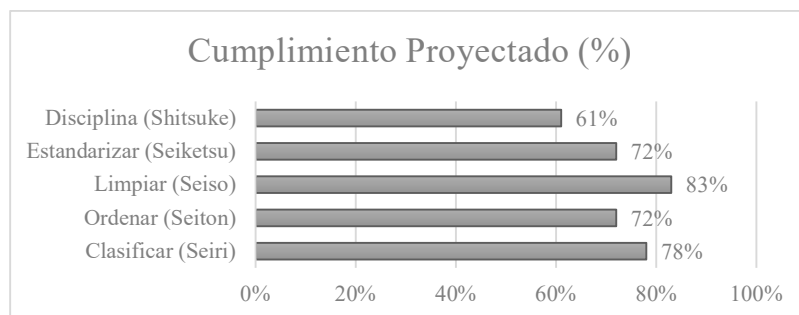
Artículo	Observación	Trabajadores	Lote realizado	Tiempo (min)
Maceta cabo 25.	1	4	682	85
	2	4	827	105
	3	4	361	30
	4	4	180	20
	5	2	321	40

Nota. Los datos presentan las variaciones de tiempo y personal para cinco lotes de producción distintos.

El análisis de la maceta cabo 25 revela fallas en la estandarización, sin correlación entre el tamaño del lote y el tiempo de producción. Los lotes 1 y 5 generan volúmenes similares, pero el lote 5 es más eficiente, sugiriendo que aumentar el personal no mejora la producción. Se identifican cuellos de botella y tiempos ineficientes, dependientes de la aleatoriedad de los pedidos. El Anexo 26 muestra inestabilidad operativa y un coeficiente de variación del tiempo del 67,50 %. El lote 5, con 2 trabajadores, es altamente eficiente, mientras que los primeros lotes, particularmente el lote 2, enfrentan saturaciones y demoras de 105 minutos. Es necesario establecer un tiempo estándar de 61,60 minutos para optimizar la capacidad y reducir costos laborales.

Se establecieron tiempos estándar y capacidades para las líneas de producción de macetas, y se evaluó el entorno de trabajo aplicando la metodología de las 5S en el área de lacado. La auditoría busca verificar el orden, limpieza y disciplina operativa, controlando variables que afectan el porcentaje de mermas y piezas defectuosas en este proceso crítico (Anexo 27).

Figura 49. Evaluación final 5S.



Nota. El gráfico representa los porcentajes estimados de cumplimiento por cada pilar de la metodología 5S.

La evaluación de las 5S tras la estandarización de los procesos para la maceta estándar 40 y la maceta cabo 25 indica que la intervención mejoró el orden físico, aunque aún persiste resistencia cultural para reducir el alto porcentaje de mermas. Las áreas de limpieza (83%) y clasificación (78%) apoyan la segregación de componentes defectuosos y la conservación de herramientas, eliminando peligros mecánicos y ambientales previos al lacado.

Cálculo de incremento de productividad

La estandarización en el proceso de lacado se aplicó priorizando las macetas más críticas, seguido de la implementación de la metodología 5S. Por lo que se cuantifica el incremento en la eficiencia, verificando el impacto de estas herramientas en la productividad y costos de producción, lo que llevó a recuperar valor económico para Mestiza S.A.

$$Productividad\ h - h = \frac{72341\ unidades}{2560\ h - h} = 28,26\ u/h - h$$

$$\% productivida d\ h - h = \left(\frac{productivida d\ nueva - productivida d\ actual}{productivida d\ actual} \right) * 100$$

$$\% productivida d\ h - h = \left(\frac{28,26 - 26,45}{26,45} \right) * 100 = 6,843\%$$

El análisis de productividad hombre hora muestra una mejora del 6.84 % en la eficiencia del personal debido a la estandarización, lo que permite un mejor rendimiento sin aumentar el esfuerzo físico o el tiempo laboral.

$$Volumen = \frac{Unidades\ producidas}{horas\ de\ la\ jornada} = \frac{72341\ unidades}{105\ horas} = 688,96\ u/h$$

$$IR(\%) = \frac{7690 - 150}{90410\ total\ de\ piezas\ producidas} * 100 = 8,34\%$$

La estandarización de bodega redujo el reproceso global del 8.50 % al 8,34 % al eliminar daños por manipulación en piezas lacadas.

$$Tiempo\ de\ ciclo\ opt = \frac{100\ min}{1,0683} = 93,61\ min/ton$$

El cálculo del tiempo de ciclo optimizado determina una reducción a 93.61 min/ton mediante la aplicación del factor de eficiencia de 1.0683. Esta contracción temporal demuestra la aceleración del ritmo de manufactura tras la estandarización.

Aseguramiento de la calidad y sostenibilidad operativa mediante el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMFE).

La implementación del procedimiento estandarizado SOP-LAC-001 se basa en un diagnóstico de ingeniería industrial, evidenciado por un cronometraje que mostró una elevada desviación estándar y un bajo cumplimiento en la auditoría de las 5S. Se identificaron 7,690 piezas defectuosas al mes, generando un costo directo significativo. Los hallazgos subrayan la necesidad de estandarización y la aplicación del AMFE para evaluar y corregir desviaciones, con el fin de mejorar la productividad por hora-hombre en un 6.84%.

Etapas 1: Creación del grupo de trabajo

Se formó un equipo multidisciplinario que incluye la Jefatura de Bodega, Jefatura de Calidad, Jefatura de Planta y una Ingeniera Industrial para analizar fallas en la línea THD, combinando experiencia operativa y conocimiento paramétrico.

Etapas 2: Recolección de información y selección del proceso clave mediante Análisis de Criticidad.

Para seleccionar de manera científica el área de intervención, se aplicó la matriz de evaluación de criticidad de activos propuesta en la norma NTP 679 y detallada en la Tabla 38.

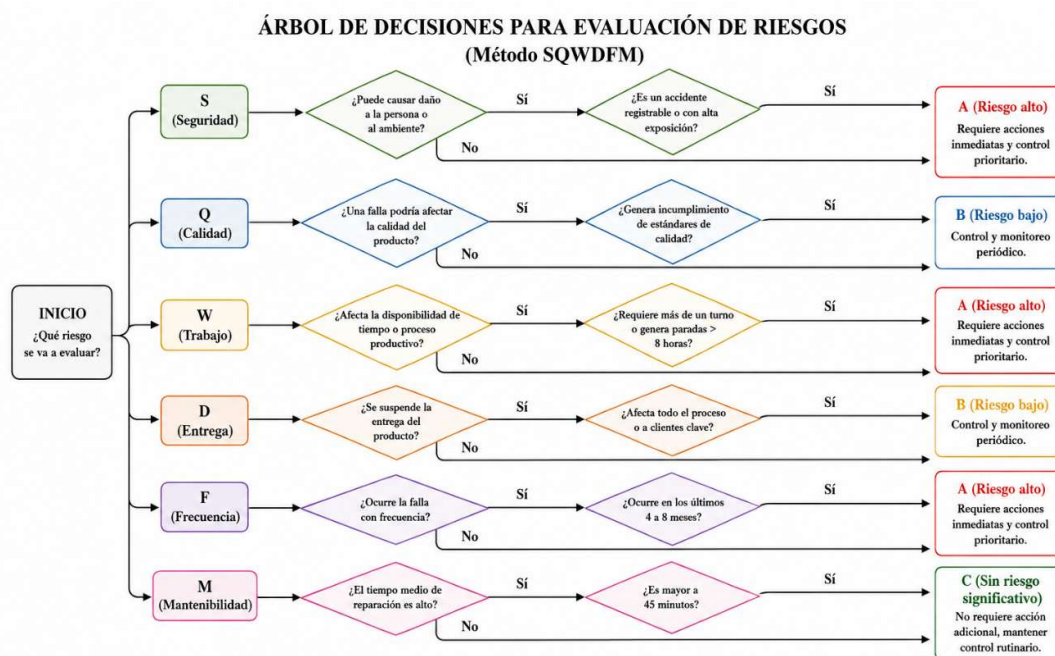
Tabla 38. *Criterios de evaluación para la criticidad de procesos.*

		RANKIG		
		A	B	C
S (Seguridad)	En caso de que la persona falle o la tina esté dañada.	Riesgo alto Accidente registrable o contaminación ambiental.	Riesgo Bajo Baja exposición humana con baja probabilidad de primeros auxilios, sin emisiones.	No hay riesgo Casi no hay posibilidad de accidentes, enfermedades o daño ambiental
Q (Calidad)	Si una falla ocurre, podría afectar la calidad del producto.	Incumplimiento de estándares de calidad.	Pérdida parcial de la calidad (desviaciones reparables mediante reprocesos)	No relacionado con pérdidas de calidad.
W (Trabajo)	Disponibilidad de tinas o proceso demandado por la planificación de producción	El proceso trabaja 3 turnos operativos, se requiere una disponibilidad de 24 horas continuas.	El proceso trabaja en 2 turnos se requiere una disponibilidad de 16 horas diarias.	El proceso trabaja a un solo turno, requiriendo una disponibilidad de 8 horas diarias.
D (Entrega)	En caso de falla se suspende la entrega del producto.	Afecta a todo el proceso de producción, con un impacto fuerte en la eficiencia.	Interrumpe parcialmente el proceso de producción o servicio, impactando moderadamente la eficiencia de la planta.	No afecta en absoluto al proceso de producción o inventarios.
F (Frecuencia)	Probabilidad de que ocurra la falla.	Se presentaron continuamente en los últimos 4 meses.	Se presentaron en un periodo de 4 y 8 meses.	La última falla ocurrió hace más de 8 meses.
M (Mantabilidad)	Tiempo medio de reparación.	Es superior a 2 horas.	Para corregir se requiere 45 min y 2 horas.	Es inferior a 45 minutos.

Nota. Criticidad de activos establecidos para los criterios de evaluación. Adaptado de Velásquez & Torres (2024) en correspondencia con la guía técnica española NTP 679.

La Tabla 38 ofrece un marco estandarizado y objetivo para el diagnóstico de Cerámica Mestiza S.A., útil en la clasificación de activos en ingeniería de mantenimiento y adaptable a manufactura. Al comparar variables mecánicas, como MTTR y Frecuencia, se puede jerarquizar la planta e identificar la necesidad de estandarización en el proceso de lacado.

Figura 50. Árbol de decisiones para evaluación de riesgos.



Nota. Diagrama de flujo que evalúa los riesgos en categorías operacionales mediante preguntas dicotómicas.

El árbol de decisiones SQWDFM clasifica los riesgos operativos en seis dimensiones: Seguridad, Calidad, Trabajo, Entrega, Frecuencia y Mantenibilidad, mediante preguntas dicotómicas. Las fallas se categorizan según su gravedad: Riesgo Alto (Categoría A), Riesgo Bajo (Categoría B) y Sin riesgo significativo (Categoría C), priorizando la seguridad y productividad.

Tabla 39. Clasificación e índice de criticidad de los procesos de la línea THD.

Estación Operativa / Centro de Costos	S	Q	W	D	F	M	Clasificación de Criticidad
CC1. Preparación de pasta	C	B	A	A	C	B	Criticidad Media (B)
CC2. Formación	C	B	A	B	B	C	Criticidad Media (B)
CC3. Secado	C	B	A	B	B	C	Criticidad Media (B)
CC4. Horno	B	B	A	A	C	A	Criticidad Media (B)
CC5. Bodega (Lacado y Embalaje)	C	A	A	B	A	C	Criticidad Alta (A)

Nota. En base a los registros de rendimiento y tiempos de ciclo de Mestiza S.A.

El análisis del centro de costos de Bodega (CC5) indica que, aunque la seguridad no es un riesgo crítico de accidentes fatales, la calidad (Q) impacta de manera crítica en la conformidad de los lotes de alta rotación, que constituyen el

85.42% de los costos por reproceso. Esto demanda una intervención urgente para estandarizar esta área prioritariamente.

Etapas 3: Identificación de ítems y análisis de fallas del proceso.

La investigación del AMFE de Proceso se centró en las Macetas Estándar 40 y Cabo 25, optimizando el proceso de lacado en Cerámica Mestiza S.A. Se dividió en siete tareas: colocación, transporte, agrupación, bañado en zigzag, retirado, escurrido y transporte al secado. Se evaluaron desviaciones y modos de fallo, como sujeción inestable y omisiones en el zigzag, para cuantificar su impacto en reprocesos y mermas.

Etapas 4: Criterios de Ponderación.

Tabla 40. *Escala de puntuación para la Gravedad (G).*

Nivel de Gravedad	Definición del Impacto Operativo	Puntuación
Muy Baja	El fallo no altera las operaciones ni genera perjuicios en el proceso cerámico o equipo.	1
Baja	Se originan inconvenientes mínimos que son absorbidos de inmediato sin detener el flujo ``.	2-3
Media	Deterioro ligero del rendimiento del sistema o detenciones menores a 30 minutos.	4-6
Alta	Incidente crítico que inhabilita el proceso de la etapa; detenciones de entre 30 y 60 minutos.	7-8
Muy Alta	Fallo crítico severo que inutiliza la operación, viola normativa de seguridad o detiene el flujo por más de 1 hora.	9-10

Nota. Matriz de evaluación que asigna una puntuación del 1 al 10 según el tiempo de detención y la afectación en la continuidad del flujo cerámico.

La escala cuantitativa de 1 a 10 puntos prioriza el tiempo muerto según la severidad del fallo en la producción cerámica, con tres niveles: afectaciones menores (1-3) tolerables, incidentes moderados (4-6) que causan mermas, y crisis severas (7-10) que necesitan intervención inmediata por detenciones prolongadas o violaciones de seguridad.

Tabla 41. *Escala de puntuación para la Frecuencia (F).*

Nivel de Ocurrencia	Descripción de la Tasa de Repetición del Fallo	Puntuación
Muy Baja	Sin registros de fallas similares en el pasado del proceso; teóricamente es concebible.	1
Baja	Incidentes aislados con baja probabilidad de ocurrencia durante la vida del proceso.	2-3
Media	El fallo se presenta eventualmente, con una recurrencia típica de hasta 0.25 veces por año.	4-6

Alta	Patrón recurrente de fallas con antecedentes frecuentes en planta (entre 0.25 y 1 fallo al año).	7-8
Muy Alta	Fallas continuas casi inevitables, con una recurrencia documentada mayor a una vez al año.	9-10

Nota. Matriz de frecuencias que puntúa del 1 al 10 la probabilidad de recurrencia de un fallo según su historial analítico anual.

La matriz de frecuencia evalúa la probabilidad de fallos en el proceso cerámico en una escala del 1 al 10, clasificada en tres comportamientos: fallos aislados (Puntuación 1-3) con baja probabilidad, fallas esporádicas (Puntuación 4-6) con hasta 0.25 eventos anuales, y patrones críticos recurrentes (Puntuación 7-10), que son casi inevitables y presentan alta frecuencia.

Tabla 42. *Escala de puntuación para la Detectabilidad (D).*

Nivel de Detección	Capacidad de los Mecanismos de Control Actuales	Puntuación
Muy Alta	El defecto de calidad es evidente y obvio; es casi imposible que pase inadvertido.	1
Alta	El defecto es detectable, pero podría llegar a evadir un control inicial primario.	2-3
Moderada	El error es detectable y los sistemas vigentes evitan que afecte sustancialmente el proceso.	4-6
Baja	Defecto de naturaleza compleja; los procedimientos actuales no garantizan su oportuna detección.	7-8
Nula	El defecto no se puede identificar con los controles actuales; avanzará con certeza a la bodega final.	9-10

Nota. Matriz operativa que evalúa de 1 a 10 la probabilidad de que los sistemas actuales omitan o capturen una falla de calidad.

La escala mide la robustez y vulnerabilidad de las barreras de inspección del 1 al 10, donde puntuaciones más bajas indican menor seguridad. Se distinguen tres escenarios: 1-3 muestran fallas graves en el blindaje, 4-6 reflejan debilidades de supervisión media con riesgo controlado, y 7-10 representan brechas críticas que reducen la visibilidad y permiten que defectos escapen al inventario terminado.

Etapas 5: Matriz AMFE de proceso para el lacado en Bodega.

La matriz AMFE para el proceso de lacado en bodega se estructura analizando cada actividad detalladamente. Se calcula el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) multiplicando las variables correspondientes ($IPR = G * F * D$). Un valor de IPR indica la necesidad de acciones inmediatas de ingeniería industrial para mitigar riesgos de no calidad:

$$Acción = \begin{cases} Acción inmediata, & IPR \geq 100 \\ Control aceptable, & IPR < 100 \end{cases}$$

Tabla 43. Matriz AMFE del estandarizado de piezas.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)																				
AMFE DE PROYECTO		AMFE DE PROCESO			X	PARTE DEL PROCESO:				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE:				Hoja: 1 de 1						
						Lacado de piezas														
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES					COORDINADOR				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA DE INICIO:							
Operación o función	Fallo N.º	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				Acción correctora	Responsable	Frecuencia	SITUACIÓN DE MEJORA								
		Modo de fallo potencial	Efecto potencial	Causa del modo de fallo	Medidas de ensayo y control previstas (Estado actual)	G	F	D				NPR	Acciones implantadas (Mejora)	G	F	D	NPR			
1. Colocación de macetas	1.1	Sujeción inestable de piezas.	Caídas de producto, fisuras y roturas físicas (mermas en bodega).	Manipulación manual directa a pulso de piezas cerámicas de alta rotación.	Cuidado habitual y destreza empírica del operario.	7	4	3	84	Ergonomía: Mantener posturas de agarre seguro indicadas en la estandarización.	Bodega / Calidad	Diaria	Aplicación de los parámetros de colocación y sujeción descritos en el SOP-LAC-001.				7	3	2	42
2. Transporte a finas	1.2	Golpes entre piezas durante el traslado.	Desportillamientos superficiales y mermas estéticas de laca húmeda.	Desplazamiento manual en carros a distancias muy cortas dentro del área.	Desplazamiento ordinario y precaución natural del operario.	6	3	3	54	Metodología 5S: Monitorear el orden en los pasillos de tránsito para evitar obstrucciones.	Bodega	Diaria	Pasillos limpios y libres de obstáculos según las rutinas de la fase <i>Seiton</i> .				6	2	2	24
3. Agrupación de piezas	1.3	Separación irregular de piezas.	Lacado irregular en las caras por contacto físico entre macetas.	Falta de marcas físicas en la mesa; el operario agrupa por estimación.	Inspección visual rápida sin parámetros de referencia técnicos.	5	3	3	45	Control Visual: Implementar plantillas visuales o topes físicos sobre la mesa de trabajo.	Bodega / Calidad	Diaria	Distancia y disposición estándar (Cabo 25 en filas de 4 y Estándar 40 individual) según SOP-LAC-001.				5	2	2	20
4. Bañado en tina (en zigzag)	1.4	Omisión del patrón de zigzag.	Cobertura heterogénea del lacado y poros abiertos en la terracota (reproceso).	Técnica manual variable; cada operario sumerge a su propio ritmo.	Inspección visual subjetiva del acabado al finalizar la jornada.	8	8	7	448	Estandarización de Métodos: Capacitar al personal en el movimiento zigzag de inmersión unificado.	Bodega / Calidad	Cada lote	Secuencia de movimiento zigzag de 5 segundos integrada de forma obligatoria al SOP-LAC-001.				8	4	3	96
4. Bañado en tina (en tiempo)	1.5	Tiempo de inmersión variable.	Variaciones críticas en el espesor del recubrimiento (porosidad o excesos).	Ausencia de un patrón de tiempo en planta; ciclos regidos por la prisa.	Control visual y estimación subjetiva del operario en cada ciclo.	8	8	7	448	Estandarización de Parámetros: Instalar un cronómetro visual visible en la tina de inmersión.	Bodega / Ingeniería Industrial	Cada lote	Tiempos de ciclo estandarizados (61.6 s Cabo 25 y 69.3 s Estándar 40) controlados mediante temporizador.				8	4	3	96

5. Retirado de las piezas	1.6	Extracción brusca de las piezas.	Salpicaduras de mezcla, marcas superficiales por escurrimiento turbulento.	Prisa del operario por acelerar la salida física del lote.	Supervisión ocasional de la jefatura de bodega.	6	4	3	72	Estandarización de Tareas: Definir la velocidad de remoción lenta y uniforme en el manual de trabajo.	Bodega	Cada lote	Técnica de retirada uniforme y controlada incorporada detalladamente en el SOP-LAC-001 .	6	2	2	24
6. Ecurrido de piezas	1.7	Tiempo de escurrido insuficiente en rejilla.	Marcas estéticas por goteras y alto desperdicio de silicona (pérdida de \$3,808.76 en bodega).	Sostener la pieza pesada a pulso provoca fatiga física rápida, induciendo a no usar la rejilla.	Estimación subjetiva del nivel de secado por el operario.	8	7	6	336	Disciplina de Métodos: Imponer el uso obligatorio de la rejilla de escurrido por un tiempo mínimo de 15 segundos.	Bodega	Cada lote	Método de escurrido estático de 15 segundos sobre la rejilla existente formalizado en el SOP-LAC-001 .	8	3	2	48
7. Transporte a secado	1.8	Colocación desordenada o contacto con estantes sucios.	Contaminación de laca húmeda con polvo de bodega o marcas de contacto.	Estanterías de secado congestionadas, sin delimitación ni limpieza estandarizada.	Colocación aleatoria de piezas en estanterías compartidas.	8	5	4	160	Disciplina 5S (Seiketsu): Delimitar y señalar las estanterías de secado por referencia de producto terminado.	Bodega / Calidad	Diaria	Estanterías limpias e identificadas según el checklist final de las 5S (Cumplimiento del 72%).	8	2	2	32

Nota. Matriz de control operativo que evalúa el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) antes y después de aplicar el estándar SOP-LAC-001 y las herramientas de manufactura esbelta.

El diagnóstico de la planta revela alta vulnerabilidad técnica, con los procesos de Bañado en tina en zigzag y en tiempo como los más críticos, ambos con un NPR de 448, debido a la prisa del operario. La estrategia de mitigación incluye estandarización rigurosa, controles visuales y ergonomía, además de la metodología 5S, logrando un 72% de cumplimiento en auditorías. Esta implementación redujo el riesgo total a un NPR remanente de 374, mejorando la efectividad global del 77.29%. Los fallos de inmersión bajaron su NPR a 96 puntos y el desorden en estanterías se optimizó en un 80%. Aunque la gravedad de los fallos se mantuvo, se logró estabilizar la producción y reducir pérdidas económicas.

3.3.Marco de discusión

En el capítulo I, se revisa la literatura científica de Wos, Scopus y Dimensions, identificando que las estrategias para optimizar procesos, analizar costos y aplicar herramientas de mejora continua son las más comunes para aumentar la productividad en empresas manufactureras. Se relaciona esta evidencia con los hallazgos de la investigación en Mestiza S.A., donde se observan problemas como desperdicios, variabilidad en los procesos y falta de procedimientos estandarizados, que son causas frecuentes del aumento en los costos operativos.

El capítulo II presenta un enfoque metodológico mixto que facilita una comprensión integral del problema. Las encuestas aportaron datos cuantitativos sobre la percepción de los trabajadores, mientras que las entrevistas y la observación técnica identificaron las causas operativas que afectan el proceso productivo. Esta combinación de técnicas mejoró la confiabilidad de los resultados al comparar y corroborar la información obtenida, permitiendo una interpretación más objetiva de la realidad empresarial.

En el capítulo III, los resultados del diagnóstico en el capítulo III identifican que los principales factores que afectan la productividad son la generación de desperdicios, los tiempos improductivos y el estado de algunas maquinarias. Estas condiciones llevan a un uso ineficiente de la mano de obra y recursos, aumentando costos y reduciendo el rendimiento. Se requieren acciones de mejora para optimizar operaciones y eliminar actividades que no aportan valor a la empresa.

En este contexto, La investigación se enfoca en la estandarización de los procesos del área de bodega, que representa el centro de costos más significativo en la empresa. Se propondrán procedimientos claros con tiempos definidos para reducir la variabilidad y mejorar el control operativo. Los objetivos incluyen disminuir desperdicios, optimizar la mano de obra, mejorar el flujo de trabajo, aumentar la productividad y, en consecuencia, reducir los costos de producción y mejorar la eficiencia organizacional.

Finalmente, Los resultados indican que las herramientas de análisis de costos y técnicas de diagnóstico y mejora de procesos son alternativas útiles para la toma de decisiones en empresas manufactureras. La propuesta para Mestiza S.A. no solo

aborda necesidades identificadas, sino que también está respaldada por evidencia científica y datos contextuales, fortaleciendo su viabilidad y potencial para mejorar el desempeño productivo de manera sostenible.

3.4. Limitaciones del estudio

La presente investigación se desarrolló exclusivamente con el personal de la línea de producción de terracota (THD) de la empresa Mestiza S.A., debido a que esta área fue identificada como la de mayor relevancia para el cumplimiento de los objetivos del estudio. En consecuencia, los resultados obtenidos y la propuesta planteada se circunscriben a este contexto específico, por lo que su aplicación a otras líneas de producción de la empresa requerirá un análisis previo que considere sus características y condiciones particulares.

Otra limitación se presentó durante la fase de recolección de información, ya que la aplicación de las encuestas demandó un periodo mayor al previsto debido a la distribución del personal en diferentes turnos de trabajo. Esta situación dificultó la disponibilidad de los colaboradores para responder los instrumentos de investigación en un mismo momento, por lo que fue necesario extender el tiempo destinado al trabajo de campo para garantizar la participación de toda la población seleccionada y la confiabilidad de los datos recopilados.

3.5. Futuras líneas de investigación

La propuesta de estandarización identificada en esta investigación sugiere implementar y evaluar su impacto en los costos de producción y la productividad a través de indicadores de desempeño. Se aconseja extender el estudio a otras líneas de producción de Mestiza S.A. o aplicarlo en empresas del sector cerámico para comparar resultados y validar el modelo en distintos contextos. Además, futuras investigaciones podrían integrar herramientas de mejora continua, automatización de procesos o metodologías de optimización que fortalezcan la competitividad empresarial.

CONCLUSIONES

La aplicación del método ProKnow-C permitió construir un portafolio bibliográfico conformado por 27 artículos científicos de alto impacto publicados en los últimos cinco años. Bajo esta óptica, el análisis bibliométrico y sistemático identificó que la gestión de costos (48,79 %) es la técnica predominante para mitigar ineficiencias en el sector cerámico global. Asimismo, la jerarquización mediante el método AHP validó que el análisis financiero posee el mayor potencial de impacto (40,66 %) para mejorar la productividad. Dicho de otra manera, esta base documental respalda técnicamente la transición hacia el modelo TDABC como herramienta idónea para eliminar la invisibilidad de las pérdidas en la línea THD.

La estructuración del marco metodológico bajo el diseño DIAC permitió diagnosticar una desconexión crítica entre la inversión de recursos y la eficiencia real de la planta. Visto de esta forma, el análisis inferencial arrojó un coeficiente de Rho de Spearman de 0,200, calificando la correlación entre las variables como muy débil e insignificante. Consecuentemente, esta desconexión se materializa en una pérdida financiera real de \$4.458,75 mensuales por fallas operativas no identificadas. En este sentido, el hallazgo confirma una “ceguera financiera” donde el 54,55 % de los trabajadores no reciben reportes sobre el valor monetario de sus desperdicios, impidiendo una toma de decisiones sustentada en evidencia.

Finalmente, el desarrollo de un modelo matemático y la estandarización mediante Lean Manufacturing en la empresa Mestiza S.A., permitió optimizar significativamente las operaciones. La implementación de procedimientos estandarizados operativos estándar (SOP) prevé reducir el índice de reproceso del 8,50 % al 8,34 %, de manera que las pérdidas críticas registradas en bodega disminuyan, por otra parte, la intervención en el proceso de lacado aumentó la productividad por hora-hombre en un 6,84 %, pasando de un rendimiento inicial de 26,45 a 28,26 unidades y estabilizando el tiempo de ciclo. Por su parte, la metodología 5S logró elevar el cumplimiento del pilar de estandarización del 44 % al 72 %, para ello, las herramientas como el Ishikawa y el análisis de las 6M fueron fundamentales para identificar las causas raíz de los problemas de calidad permitiendo mitigar pérdidas financieras que ascendían a \$4.458,75 mensuales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el método ProKnow–C para la selección de fuentes bibliográficas, ya que permite identificar estudios con mayor aporte técnico en el área de costos. Además, se recomienda realizar un análisis bibliométrico para conocer que influencia se los actores se alinea más a la empresa para fortalecer la recolección de la investigación con el sector cerámico, adicionando la herramienta AHP para la priorización de herramientas con el fin de desarrollar acciones de mejora, especialmente en el análisis financiero. Finalmente, se recomienda que las áreas de innova y gerencia general implementen las ecuaciones del modelo TDABC en un software de simulación, con el fin de mejorar la planificación y contribuir a la sostenibilidad tecnológica de la empresa.

Para un correcto desarrollo del marco metodológico, debe de integrar un enfoque investigativo mixto con el diseño anidado concurrente (DIAC), que permite obtener resultados cuantitativos de encuestas y datos interpretativos mediante entrevistas técnicas. Se recomienda el uso de IBM SPSS versión 25 para el procesamiento de datos, asegurando la fiabilidad estadística. Por otro lado, se recomienda implementar reportes quincenales bajo NIIF 18 para transparentar las mermas y evitar la “ceguera financiera” evidenciada en el diagnóstico.

Para mejorar la productividad en la planta se recomienda obtener información técnica sobre los tiempos muertos en la producción. Del mismo modo, se sugiere implementar un plan de estandarización utilizando Procedimientos Operativos Estándar (SOP) y la metodología 5S. Esto debe centrarse en el cumplimiento disciplinario para optimizar el flujo fabril y aumentar el margen de utilidad neta sin aumenta las ventas.

BIBLIOGRAFÍA

- Afonso, M., Gabriel, A. T., & Godina, R. (2022). Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100075>
- Alanya, B. S., Dextre, K. E., Nuñez, V. H., Marcelo, G. E., Alvarez, J. C., & Hatakeyama, K. (2024). Application Of Lean Manufacturing To Improve Processes And Increase Productivity In The Textile Industry Of Peru: Case Study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 35(2), 140–153. <https://doi.org/10.7166/35-2-2932>
- Alarcón, F. J., Calero, M., Martín-Lara, M. Á., & Pérez-Huertas, S. (2024). An Integrated Lean and Six Sigma Framework for Improving Productivity Performance: A Case Study in a Spanish Chemicals Manufacturer. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/app142310894>
- Alawaed, H. M. A., Aldaimi, A. N. A., Abbas, A. A., & Al-Kawaz, S. M. J. (2025). Product cost rationalization using time-driven resource consumption accounting and Tear-down analysis. *Production Engineering Archives*, 31(3), 311–328. <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.29>
- Allaica, J. C. M., & Molina, D. B. T. (2024). Propuesta de marco para la evaluación de la sostenibilidad organizacional de las PyMEs agroalimentarias. *Arandu UTIC*, 11(2), 161–187. <https://doi.org/10.69639/ARANDU.V11I2.256>
- Atia, M. R. A., Mokhtar, M., & Khalil, J. (2022). An ANN parametric approach for the estimation of total production operation time. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.006>
- Awwaliyah, I., Putri, T., & Paramu, H. (2025). Profit Maximization Through Customer Profitability Management Using Whale Curve and Time-Driven Activity Based Costing. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 13, 9898–9917. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v13i10.em09>
- Ayinla, K., Cheung, F., & Towe, B. (2025). Time-driven activity-based costing (TDABC) model for performance optimization of offsite manufacturing methods

- housebuilding. *Construction Management and Economics*, 43(8), 637–656.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2025.2492850>
- Castañeda Rodríguez, T., López Domínguez, A., & Collazo Frías, V. del C. (2024).
 Fiabilidad instrumental para medir la aplicación de técnicas estadísticas en cultura
 física: Alpha de Cronbach. *Scielo*, 20.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552024000100128
- Chavez-Escobedo, J. J., Hernandez-Gress, E. S., Antonio-Cruz, M., & Merlo-Zapata,
 C. A. (2026). Lean manufacturing model for productivity improvement:
 application in an apparel Sme. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 17(8),
 232–256. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2025-0211>
- Chirinos Magallanes, D. A., Ortiz Porras, J. E., Chirinos Magallanes, R. D., & Vásquez
 Cerquera, I. R. (2025). *Management model to reduce the costs of non-quality with
 the Lean Six Sigma methodology in tissue paper converters.*
- Cumbajin, E., Rodrigues, N., Costa, P., Miragaia, R., Frazão, L., Costa, N., Fernández-
 Caballero, A., Carneiro, J., Buruberri, L. H., & Pereira, A. (2024). A Real-Time
 Automated Defect Detection System for Ceramic Pieces Manufacturing Process
 Based on Computer Vision with Deep Learning. *Sensors*, 24(1).
<https://doi.org/10.3390/s24010232>
- Damian-Garcia, C. E., Espiritu-Padilla, D. A., Quiroz-Flores, J. C., & Nallusamy, S.
 (2023). Productivity Enhancement through a Proposed Methodology in the
 Cutting Process of SMEs. *SSRG International Journal of Mechanical
 Engineering*, 10(8), 1–10. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V10I8P101>
- Edelsbrunner, P. A., Simonsmeier, B. A., & Schneider, M. (2025). The Cronbach's
 Alpha of Domain-Specific Knowledge Tests Before and After Learning: A Meta-
 Analysis of Published Studies. *Educational Psychology Review* 2025 37:1, 37(1),
 4-. <https://doi.org/10.1007/S10648-024-09982-Y>
- El-Gibaly, M. M. (2024). Integrating Activity-based Costing with Continuous
 Enhancement: A Strategic Approach to Operational Efficiency and Cost
 Management. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 24(10),
 395–415. <https://doi.org/10.9734/ajeba/2024/v24i101536>

- Florez-Cáceres, R. M., Huamán-Echevaría, C. E., & Quiroz-Flores, J. C. (2024). Improving Productivity in An Sme in The Metalworking Sector Through Lean Manufacturing and Tpm Tools: A Case Study In Peru. *South African Journal of Industrial Engineering*, 35(2), 91–109. <https://doi.org/10.7166/35-2-3013>
- González Mares, M. (2019). Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, 10(18), 92–95. <https://doi.org/10.22201/FESC.20072236E.2019.10.18.6>
- Guzel, D., & Asiabi, A. S. (2022). Increasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study). *Tehnicki Glasnik*, 16(1), 82–92. <https://doi.org/10.31803/tg-20211010121240>
- Habib, M. A., Rizvan, R., & Ahmed, S. (2023). Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. *Results in Engineering*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2014). Metodología de la investigación. In *McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.* (Sexta Edic).
- Ismarau, N., Abas, U.-H., Azhar, K., & Haizan, R. (2025). Content Validity Assessment Using Aiken's V: Knowledge Integration Model for Blockchain in Higher Learning Institutions. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 16, 1–8. https://www.researchgate.net/publication/393163893_Content_Validity_Assessment_Using_Aiken's_V_Knowledge_Integration_Model_for_Blockchain_in_Higher_Learning_Institutions
- Junior, R. G. P., Inácio, R. H., da Silva, I. B., Hassui, A., & Barbosa, G. F. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(9–10), 6469–6487. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08534-w>
- Kairuz, T., Crump, K., & O'brien, A. (2006). Perspectives on qualitative research. Part 2: Useful tools for data collection and analysis. *Pharmaceutical Journal*, 278. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-55704>

- Khidhir, R. J., & Rassul, T. H. (2023). Assessing the Validity of Experts' Value Judgment over Research Instruments. *Zanco Journal of Human Sciences* , 27(5), 324–343. <https://doi.org/10.21271/ZJHS.27.5.21>
- Koch, L., da Silva, F. J., Campilho, R. D. S. G., de Sá, J. C., Resende Lucas, R., & Sales-Contini, R. D. C. M. (2025). Mitigation strategies for waste elimination and cost reduction in the manufacture of Bowden cables. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 137(7), 4143–4167. <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15367-4>
- Marcella, S., & Widjajati, E. P. (2024). Analysis of Lean Manufacturing Implementation through the Single Minute Exchange of Dies (SMED) Method to Reduce Setup Time in the Injection Molding Machine Process. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 6(1), 17–26. <https://doi.org/10.35877/454RI.asci2698>
- Melander, A., Brunninge, O., Andersson, D., Elgh, F., & Löfving, M. (2024). Management innovation in SMEs-taking psychological ownership of Hoshin Kanri. *Production Planning and Control*, 35(14), 1687–1705. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2214517>
- Naranjo, I., Porras, M., Ortiz, D., Tigre Franklin and Sanchez, C., Tubon, E., Carrillo, S., Marino, C., Lopez, J., Lema, F., & Rosero, C. (2023). Mathematical Models for the Formation and Evaluation of Manufacturing Cells in A Textile Company. A Case Study. *JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT-JIEM*, 16(2), 382–397. <https://doi.org/10.3926/jiem.4143>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patiño-Pilliza1, K., Fonseca-León2, C., & Chango-Galarza3, M. (2022). Control de costos de producción bajo la Norma ISO 9001: 2015: Una opción a la minimización del desperdicio económico en los negocios artesanales de la

- parroquia La Victoria, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2021. *Revista Publicando*, 9(35), 19–32. <https://doi.org/10.51528/RP.VOL9.ID2336>
- Pelegrín, A., Reyes, I., Pompa, L., Gámez, Y., Álvarez, J., & Dupotey, N. (2016). Diseño y validación de un cuestionario para la determinación de necesidades educativas en pacientes. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(1), 77–96. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57956609007>
- Pilcher, N., & Cortazzi, M. (2023). “Qualitative” and “quantitative” methods and approaches across subject fields: implications for research values, assumptions, and practices. *Quality & Quantity* 2023 58:3, 58(3), 2357–2387. <https://doi.org/10.1007/S11135-023-01734-4>
- Psarommatis, F., Danishvar, M., Mousavi, A., & Kiritsis, D. (2024). Cost-Based Decision Support System: A Dynamic Cost Estimation of Key Performance Indicators in Manufacturing. *Ieee Transactions On Engineering Management*, 71, 702–714. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3133619>
- Quiroz-Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). Review Lean Manufacturing Model Of Production Management Under The Preventive Maintenance Approach To Improve Efficiency In Plastics Industry Smes: A Case Study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156. <https://doi.org/10.7166/33-2-2711>
- Ramasu, T. K., & Kanakana-Katumba, M. G. (2025). Implementation of a Lean Manufacturing Approach to Improving Productivity in SMEs: A Case Study in a Cloth Manufacturing Company. *South African Journal of Industrial Engineering*, 36(4), 73–87. <https://doi.org/10.7166/36-4-3238>
- Rane, S. B., Wavhal, S., & Potdar, P. R. (2023). Integration of Lean Six Sigma with Internet of Things (IoT) for productivity improvement: a case study of contactor manufacturing industry. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(5), 1990–2018. <https://doi.org/10.1007/s13198-023-01980-7>
- Reina-Guaña, E. (2024). Un análisis bibliométrico de evaluaciones de calidad de datos en sistemas de gestión académica. *Novasinergia*, ISSN 2631-2654, 7(1), 163–179. <https://doi.org/10.37135/ns.01.13.10>

- Reis, J. S. M., Silva, D. E. W., Sampaio, N. A. S., de Barros, J. G. M., Santos, G., & Barbosa, L. C. F. M. (2025). Analysis Of Results Of A Pilot Implementation Of Total Productive Maintenance In A Brazilian Industry. *Proceedings on Engineering Sciences*, 7(3), 1471–1478. <https://doi.org/10.24874/PES07.03.009>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Scientia Iranica*, 9(3), 215–229. <https://doi.org/10.1504/ijssci.2008.017590>
- Sajid, M., Wasim, A., Hussain, S., Raza, M. H., & Jahanzaib, M. (2023). Application of set-based concurrent engineering methodology to the development of cost modeling system for metal casting process. *Systems Engineering*, 26(2), 162–176. <https://doi.org/10.1002/sys.21648>
- Soriano, P. (2025). Developing a Lean Implementation Framework for SMEs through Case Research. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 18(3), 373–393. <https://doi.org/10.3926/jiem.7174>
- Tunal-Santiago, G. (2022). Protocolizando La Investigación Científica. *Investigación Y Postgrado*, 37(1), 235–255. <https://Doi.Org/10.56219/Investigacinypostgrado.V37I1.68>
- Valero Camino, M. I. (2024). Productivity and economic growth of manufacturing SMEs in an Ecuadorian locality[Produtividade e crescimento econômico das PMEs manufatureiras em uma localidade equatoriana][Productividad y crecimiento económico de las PYMES manufactureras en una localid.... *Sapienza*, 5(2). <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i2.749>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de calidad de la semana 15 del año 2025.

ANÁLISIS DE CALIDAD DEL PRODUCTO DE THD - SEMANA: 2515																		
											PREP	FORMACIÓN				SECAD	HORNO	
FORNI	ARTÍCULO	MODELO	NRO	CL A	CL B	CL C	TOTAL	CL A	CL B	CL C	PASTA	DEFOR	POROS	CUCHIL	GOLP FR	DESPOS	MANCH	TRIZ
FI	PLATO	ESTANDAR	10	2676	8	0	2684	99,7%	0,3%	0,0%	0	0	1	0	2	5	0	0
FI	MACETA	CABO	12	118	1	0	119	99,2%	0,8%	0,0%	1	0	0	0	0	0	0	0
FI	PLATO	ESTANDAR	16,5	1105	23	1	1129	97,9%	2,0%	0,1%	5	0	1	0	6	5	0	6
FI	MACETA	CILINDRO	14	330	8	2	340	97,1%	2,4%	0,6%	0	0	0	0	0	0	0	8
FI	MACETA	ESTANDAR	15	1498	37	32	1567	95,6%	2,4%	2,0%	0	0	0	0	2	7	0	28
FI	MACETA	ESTANDAR	25	417	16	4	437	95,4%	3,7%	0,9%	0	2	0	0	0	0	0	14
FI	PLATO	ESTANDAR	36	468	14	9	491	95,3%	2,9%	1,8%	0	7	0	2	0	2	0	3
FI	MACETA	ESTANDAR	37	531	24	3	558	95,2%	4,3%	0,5%	0	11	0	0	0	1	0	12
FI	MACETA	ESTANDAR	20	1229	121	20	1370	89,7%	8,8%	1,5%	1	0	0	0	2	9	3	106
FI	MACETA	CABO	19	584	62	7	653	89,4%	9,5%	1,1%	1	5	0	0	0	3	0	53
FI	PLATO	ESTANDAR	25	312	39	14	365	89,5%	10,7%	3,8%	0	0	0	0	0	2	0	37
FI	TOTAL			9268	353	92	9713	95,4%	3,6%	0,9%	8	25	2	2	12	34	3	267
											8				41	34		270

Anexo 2. Cálculo AHP.

Nº	Técnica	
1	Mejora operativa integral.	M.O.I
2	Gestión de costos.	G.C
3	Modelo de decisión y optimización	M.O.D.O
4	Análisis de procesos.	A.P
5	Gestión estratégica organizacional	G.E.O

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency index (R.I.)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla de índice aleatorio (RI) - Saaty. (1987)										
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency index (R.I.)	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Table 3. Fundamental scale

Técnicas	M.O.I	G.C	M.O.D.O	A.P	G.E.O
M.O.I	1	1/3	3	3	5
G.C	3	1	5	5	7
M.O.D.O	1/3	1/5	1	1/2	3
A.P	1/3	1/5	2	1	5
G.E.O	1/5	1/7	1/3	1/5	1
Suma	4,87	1,88	11,33	9,70	21,00

Intensity of importance on an absolute scale	Definition
1	Equal importance
3	Moderate importance
5	Strong importance
7	Very strong importance
9	Extreme importance

Source: Saaty [63].

Técnicas	Matriz ponderada					Suma	Ponderación	%	Calificación
M.O.I	0,205	0,178	0,265	0,309	0,238	1,195	0,239	23,90%	2
G.C	0,616	0,533	0,441	0,515	0,333	2,439	0,488	48,79%	1
M.O.D.O	0,068	0,107	0,088	0,052	0,143	0,458	0,092	9,15%	4
A.P	0,068	0,107	0,176	0,103	0,238	0,693	0,139	13,86%	3
G.E.O	0,041	0,076	0,029	0,021	0,048	0,215	0,043	4,30%	5
Suma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000	100%	
						Landa Max	5,363	ICA	1,12
						IC	0,091	CR	0,081
						Validez?	ACEPTABLE		

Anexo 3. Aplicación de ABC para las herramientas.

ABC						
Técnica	Herramientas	Nº de repetición	Acumulado	Ponderación	%	Zona
Mejora operativa Integrada	Herramienta Lean.	16	16	0,222	22,22%	A
Mejora operativa Integrada	Análisis de tiempos.	14	30	0,417	41,67%	A
Mejora operativa Integrada	Observación directa.	7	37	0,514	51,39%	A
Mejora operativa Integrada	Cuestionarios	6	43	0,597	59,72%	A
Gestión de costos	Entrevistas.	3	46	0,639	63,89%	A
Mejora operativa Integrada	Modelos de simulación.	3	49	0,681	68,06%	A
Gestión de costos	Observación directa.	3	52	0,722	72,22%	A
Gestión de costos	Análisis de tiempos.	2	54	0,750	75,00%	A
Mejora operativa Integrada	Entrevistas.	2	56	0,778	77,78%	A
Análisis de mapeo de procesos	Observación directa.	2	58	0,806	80,56%	B
Modelos de optimización y decisión	Herramienta Lean.	1	59	0,819	81,94%	B
Análisis de mapeo de procesos	Herramienta Lean.	1	60	0,833	83,33%	B
Análisis de mapeo de procesos	Análisis de tiempos.	1	61	0,847	84,72%	B
Gestión de costos	Análisis financiero	1	62	0,861	86,11%	B
Mejora operativa Integrada	Análisis financiero	1	63	0,875	87,50%	B
Modelos de optimización y decisión	Cuestionarios	1	64	0,889	88,89%	B
Análisis de mapeo de procesos	Entrevistas.	1	65	0,903	90,28%	B
Gestión estratégica organizacional	Entrevistas.	1	66	0,917	91,67%	B
Gestión de costos	Modelos matemáticos.	1	67	0,931	93,06%	B
Modelos de optimización y decisión	Modelos matemáticos.	1	68	0,944	94,44%	B
Gestión estratégica organizacional	Observación directa.	1	69	0,958	95,83%	C
Modelos de optimización y decisión	Observación directa.	1	70	0,972	97,22%	C
Gestión de costos	Software de análisis.	1	71	0,986	98,61%	C
Modelos de optimización y decisión	Software de análisis.	1	72	1,000	100,00%	C

Anexo 4. Pesos de las herramientas (AHP).

	Técnica	Peso global	Herramienta	Peso unitario	Landa	CR	Peso Global	%	Clasificación
0,23904478	Mejora operativa Integrada	M.O.I. 1	Herramientas Lean	0,2598551	5,011	0,003	0,0621	6,21%	4
0,23904478		M.O.I. 2	Análisis de tiempos	0,2598551			0,0621	6,21%	5
0,23904478		M.O.I. 3	Observación directa	0,1382609			0,0331	3,31%	7
0,23904478		M.O.I. 4	Cuestionarios	0,0821739			0,0196	1,96%	8
0,23904478		M.O.I. 5	Modelos de simulación	0,2598551			0,0621	6,21%	6
0,4878814	Gestión de costos	G.C 1	Entrevistas	0,1666667	2,000	0,000	0,0813	8,13%	3
0,4878814		G.C 2	Análisis financiero	0,8333333			0,4066	40,66%	1
0,09154619	Modelos de optimización y decisión	MOD.O 1	Modelos matemáticos	1	0	0,000	0,0915	9,15%	2

Anexo 5. Tiempo de procesos: molienda, filtro prensa y secado.

Línea: THD								
Artículos	Modelo	Tamaño (in)	Pasta	Tiempo de molienda	Tiempo filtro prensa	Secado	Proceso	Tiempo (secado)
macetas	estandares	2,5	vajilla	55 minutos	1 hora y 30 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
macetas	estandares	4	vajilla	55 minutos	1 hora y 30 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
macetas	estandares	6	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
macetas	estandares	8	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	gas/aereo	ventilacion+ secado	20 horas
macetas	estandares	10	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero aereo	ventilacion	72 horas
macetas	estandares	12	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero aereo	ventilacion	72 horas
macetas	estandares	14	chamota	20 minutos	1 hora	secadero aereo	ventilacion	72 horas
macetas	estandares	16	chamota	20 minutos	1 hora	secadero aereo	ventilacion	72 horas
platos	estandares	4	vajilla	55 minutos	1 hora y 30 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
platos	estandares	6	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
platos	estandares	7,5	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
platos	estandares	10	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
platos	estandares	12	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	ventilacion+ secado	20 horas
platos	estandares	14	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	ventilacion+ secado	20 horas
platos	estandares	16	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	ventilacion+ secado	20 horas
macetas	zaia ondas	8	chamota	20 minutos	1 hora	gas/aereo	ventilacion	72 horas
macetas	cabos	4,75	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
macetas	cabos	7,5	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	gas/aereo	ventilacion	72 horas
macetas	cabos	10,25	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero aereo	ventilacion	72 horas
macetas	cilindros	3	vajilla	55 minutos	1 hora y 30 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
macetas	cilindros	5,5	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
macetas	azalea	6	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	secadero gas	secado directo	14 horas
bowl	bajo	12	thd	30 minutos	1 hora y 15 minutos	gas/aereo	ventilacion	72 horas

Anexo 6. Quema de piezas.

QUEMAS EN EL HORNO					
Toneladas por quema	Horno	% de llenado	Tiempo de quema	Operarios	Quemador
6 toneladas	Ficola	70% thd + 30% esmaltado	12 horas	4 operarios	1 Quemador
3,5 toneladas	Thermal	40% thd +60 esmaltado	Baja = 10 horas	2 operarios	

Simulación del llaneado de los hornos	
piso 1: me 12 - me 14 - me 16 - mcb 10,25	
piso 2: mcb 7,5 - me 6 - maz 6	
piso 3: mcb 7,5 - bwb 32- me 8 los platos van en los tubos ahí van todos los platos a excepcion del plato 4	
toda maceta pequeña desde 2,5 hasta la maceta 5,5 puede ir de relleno eso puede ir en el piso 1, 2 y 3.	

Anexo 7. Delimitación del censo.

Área	Cargos	Personal	Suma	Porcentaje
Administración.	Jefe de talento humano.	1	11	14,67%
	Analista de datos.	2		
	Auxiliares.	1		
	Comercio exterior.	1		
	Comex.	1		
	Contador.	1		
	Diseñador.	1		
	Personal de apoyo admin.	1		
	Técnico SSO y ambiente.	1		
	Finanzas.	1		
Preparación.	Jefe de área.	1	8	10,67%
	Trabajador en general.	7		
Formación.	Jefe de área.	1	10	13,33%
	Trabajador en general.	9		
Secado.	Jefe de área.	1	3	4,00%
	Trabajador en general.	2		
Horno.	Jefe de área.	1	9	12,00%
	Trabajador en general.	8		
Bodega.	Jefe de área.	1	20	26,67%
	Trabajador en general.	19		
INNOVA.	Jefe de planta.	1	6	8,00%
	Operario de máquinas.	1		
	Trabajador en general.	4		
Mantenimiento.	Jefe de mant. preventivo.	1	8	10,67%
	Jefe de mant. correctivo.	1		
	Trabajador en general.	6		

Anexo 8. Instrumento de recolección de datos, variable independiente.

	CUESTIONARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.			
Tema:	MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A, PAUTE - ECUADOR.			
Área:	Administración.			
Sexo:	Masculino	()	Femenino	(X)
Cargo:	CONTADOR.			
Indicaciones:	Este cuestionario busca recopilar información técnica sobre los procesos operativos de la línea THD. Se requiere que se lea cada enunciado y se marque con una (X) la opción que mejor refleje la situación del proceso observado. Las escalas de respuesta VARIAN según la pregunta.			
	Nota: Se garantiza la confidencialidad de la información. Las respuestas únicamente serán para fines estadísticos y académicos.			
Variable independiente: Costos de producción.				
Dimensión: Recursos humanos.				
Indicador 1:	Materia prima.			
1.	¿Qué nivel de detalle tiene el registro contable de gasto de materiales por unidad?			
	1) Nulo. 2) Básico. 3) Moderado. 4) ☒ Detallado. 5) Detalle total.			
2.	¿Con qué rigor se aplican las planillas de control para la salida de suministros de bodega?			
	1) Sin rigor. 2) Rigor bajo. 3) Rigor moderado. 4) ☒ Rigor alto. 5) Rigor máximo.			
3.	La planificación de compras se ajusta estrictamente al presupuesto de materiales:			
	1) Nunca. 2) Casi nunca. 3) Algunas veces. 4) ☒ Casi siempre. 5) Siempre.			
Indicador 2:	Mano de obra.			
4.	¿Qué tan preciso es el cálculo de la nómina basado en las horas - hombres reales trabajadas?			
	1) Nada preciso. 2) Poco preciso. 3) Moderadamente preciso. 4) Muy preciso. 5) ☒ Totalmente preciso.			
5.	¿En qué medida la supervisión actual logra optimizar el uso del capital humano?			
	1) Nada. 2) Poco. 3) Moderadamente. 4) Mucho. 5) ☒ Totalmente.			

Anexo 9. Instrumento de recolección de datos, variable dependiente.

	CUESTIONARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.		
Tema:	MODELO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MESTIZA S.A, PAUTE - ECUADOR.		
Área:	Preparación, formación, secado, horno, bodega, INNOVA y mantenimiento.		
Sexo:	Masculino	(X)	Femenino ()
Cargo:	TRABAJADOR EN GENERAL		
Indicaciones:	Este cuestionario busca recopilar información técnica sobre los procesos operativos de la línea THD. Se requiere que se lea cada enunciado y se marque con una (X) la opción que mejor refleje la situación del proceso observado. Las escalas de respuesta VARIAN según la pregunta. Nota: Se garantiza la confidencialidad de la información. Las respuestas únicamente serán para fines estadísticos y académicos.		
Variable dependiente: Productividad.			
Dimensión: Número de unidades.			
Indicador 1:	Eficacia de volumen.		
1.	¿Con qué frecuencia se logra cumplir con la meta de unidades asignadas a su turno?		
	1) Nunca. 2) Raramente. 3) Ocasionalmente. 4) Frecuentemente. 5) Siempre.		
2.	¿Con qué frecuencia el volumen de productos terminados coincide con lo programado?		
	1) Nunca. 2) Raramente. 3) Ocasionalmente. 4) Frecuentemente. 5) Siempre.		
3.	El número de productos sin defectos es el máximo posible:		
	1) Nunca. 2) Raramente. 3) Ocasionalmente. 4) Frecuentemente. 5) Siempre.		
4.	El volumen de producción de mi área cumple a tiempo con el volumen de producción:		
	1) Totalmente. 2) En desacuerdo. 3) Neutral. 4) De acuerdo. 5) Totalmente.		
Dimensión: Tiempo invertido.			
Indicador 4:	Eficiencia horaria		
5.	Nivel de cumplimiento medio de los tiempos estándar asignados para los procesos:		
	1) Nulo. 2) Grado bajo. 3) Grado moderado. 4) Grado alto. 5) Grado máximo.		

Anexo 10. Matriz operacional de variables.

	Variable	Definición	Definición operativa	Dimensión	Indicadores	Fórmula	Ítem/pregunta	
VI	Costos de producción	Representan el gasto y valor monetario de todos los recursos consumidos para fabricar un producto o ejecutar un proceso operativo dentro de una empresa (El-Gibaly, 2024).	Cuantificación contable de los egresos monetarios totales por unidad producida mediante revisión documental.	1. Recursos consumidos.	Materia prima.	$Cost.insumos = \frac{Cost.total\ de\ materia\ prima}{Unidades\ producidas}$	1. ¿Qué nivel de detalle tiene el registro contable de gasto de materiales por unidad?	
					Mano de obra.	$Cost.mano\ de\ obra = \frac{Sueldo}{Unidades\ producidas}$	2. ¿Con qué rigor se aplican las planillas de control para la salida de suministros de bodega?	
							2. Proceso operativo.	Costo unitario indirecto.
					Valor de mermas	$Cost.mermas = \frac{Gasto\ mermas}{Unidades\ producidas}$		
				5. ¿En qué medida la supervisión actual logra optimizar el uso del capital humano?				
				6. Se registra de las horas extra por cada orden de producción específica:				
				7. ¿En qué grado el software contable sistematiza el prorrateo de los costos indirectos (CIF)?				
				8. ¿Qué tan estandarizado está el uso de la "hoja de costos" técnica en cada fase del proceso?				
				9. La asignación de costos de depreciación de maquinaria son asignados a cada lote de producción:				
				10. ¿Con qué frecuencia se emiten reportes sobre el valor monetario de desperdicios generados?				
				11. Se contabilizan los costos de los productos que requieren reprocesos:				
				12. Se lleva un registro del costo financiero por paradas de proceso no programadas:				
VD	Productividad	Es un indicador operativo que representa el número de unidades de un producto generadas en relación con el tiempo invertido por los trabajadores o los recursos utilizados (García et al., 2023).	Medición del rendimiento total mediante un índice compuesto de eficiencia que unifica las dimensiones en valores porcentuales.	1. Número de unidades.	Efucacia de volumen	$volumen = \frac{unidades\ producidas}{horas\ de\ la\ jornada}$	1. ¿Con qué frecuencia se logra cumplir con la meta de unidades asignadas a su turno?	
					Eficiencia horaria	$Eficien.horaria = \frac{Unidades\ logradas}{horas - hombre\ reales}$	2. ¿Con qué frecuencia el volumen de productos terminados coincide con lo programado?	
				Rendimiento de insumos			$Eficien.maq = \frac{unidades\ producidas}{horas - maquina\ operativas}$	3. El número de productos sin defectos es el máximo posible:
					Eficiencia de maquinaria			4. El volumen de producción de mi área cumple a tiempo con el volumen de producción:
				5. Nivel de cumplimiento medio de los tiempos estándar asignados para los procesos:				
				6. Nivel de reducción y control registrado de los tiempos muertos por cambios y esperas de materia prima:				
				7. Nivel de equilibrio o balanceo en el flujo de operaciones.				
				8. Aprovechamiento y regularidad en la ejecución de las órdenes de trabajo programadas durante las horas del turno:				
				9. Nivel de correspondencia exacta entre la cantidad de materia prima/insumos entregada por bodega y los requerimientos teóricos de la orden de producción.				
				10. ¿En qué medida los materiales, insumos o recursos físicos que recibe se encuentran listos y en la condición técnica requerida para ejecutar sus tareas sin retrasos?				
				11. ¿En qué estado de operatividad se encuentran sus máquinas para trabajar al 100% de su capacidad?				
				12. ¿Qué tan seguido es el mantenimiento preventivo que asegura que las maquinarias funcionen correctamente?				
Documentos referenciales								
https://doi.org/10.15649/2346030X.720 https://doi.org/10.33386/5934p.2023.2.2984 https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=118251								

Anexo 11. Ficha de validación por expertos.

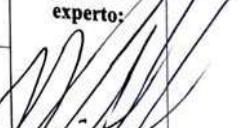
	FICHA DE VALIDACIÓN POR EXPERTOS	
Título:	Modelo de costos de producción para la mejora de la productividad en la empresa Mestiza S.A., Paute – Ecuador.	

Datos del experto:	Experto:	Isabel Salas Romero	Cl:	0910136193	Firma del experto: 
	Grado Académico:	Magister Sistema Integrado de Gestión	Celular:	0992995163	
	Años de experiencia:	20 años	Correo:	ibalon@upse.edu.ec	
	Fecha de validación:	22 de Mayo 2026			

Datos del experto:	Experto:	Francisca Reyes Soriano	Cl:	0908335813	Firma del experto: 
	Grado Académico:	Magister Sistema Integrado de Gestión	Celular:	0969769623	
	Años de experiencia:	20 años	Correo:	frayes@upse.edu.ec	
	Fecha de validación:	22 de Mayo 2026			

Datos del experto:	Experto:	Jorge Fernando Hidalgo Hidalgo	Cl:	1802300564	Firma del experto: 
	Grado Académico:	Master en Gerencia Financiera	Celular:	0984620826	
	Años de experiencia:	20 años	Correo:	JHidalgo@upse.edu.ec	
	Fecha de validación:	22 de Mayo 2026			

Datos del experto:	Experto:	Franklin González V.	Cl:	0103817060	Firma del experto: 
	Grado Académico:	Master en Ciencias e Ingeniería	Celular:	0988208864	
	Años de experiencia:	15 años	Correo:	fgonzalez2060@upse.edu.ec	
	Fecha de validación:	22 de mayo 2026			

Datos del experto:	Experto:	Juan Carlos Mayolana Maza	Cl:	0603932450	Firma del experto: 
	Grado Académico:	Dr en Ciencias Gerenciales	Celular:	0994619508	
	Años de experiencia:	12	Correo:	jmayola@upse.edu.ec	
	Fecha de validación:	26/05/2026			

Anexo 12. Tabulación de datos en SPSS variable independiente.

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda											
Aplicación de búsqueda 4 días restantes en Prueba de versión c											
Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol	
1 Género	Númerico	8	2	Sexo	(1,00, Hombre)...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada	
2 Variables	Númerico	8	2	Variables	(1,00, Costos de pro...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada	
3 PREG_1	Númerico	8	2	1. ¿Qué nivel de detalle tiene el registro contable de gasto de mat...	(1,00, Nulo)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
4 PREG_2	Númerico	8	2	2. ¿Con qué rigor se aplican las planillas de control para la salida ...	(1,00, Sin rigor)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
5 PREG_3	Númerico	8	2	3. La planificación de compras se ajusta estrictamente al presupu...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
6 PREG_4	Númerico	8	2	4. ¿Qué tan preciso es el cálculo de la nómina basado en las hor...	(1,00, Nada preciso)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
7 PREG_5	Númerico	8	2	5. ¿En qué medida la supervisión actual logra optimizar el uso del...	(1,00, Nada)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
8 PREG_6	Númerico	8	2	6. Se registra de las horas extra por cada orden de producción es...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
9 PREG_7	Númerico	8	2	7. ¿En qué grado el software contable sistematiza el prorrateo de l...	(1,00, Nulo)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
10 PREG_8	Númerico	8	2	8. ¿Qué tan estandarizado está el uso de la "hoja de costos" técni...	(1,00, Nada estanda...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
11 PREG_9	Númerico	8	2	9. La asignación de costos de depreciación de maquinaria son as...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
12 PREG_10	Númerico	8	2	10. ¿Con qué frecuencia se emiten reportes sobre el valor moneta...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	
13 PREG_11	Númerico	8	2	11. Se contabilizan los costos de los productos que requieren repr...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	
14 PREG_12	Númerico	8	2	12. Se realiza un monitoreo periódico de las desviaciones entre el...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	

Anexo 13. Tabulación de datos en SPSS variable dependiente.

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda											
Aplicación de búsqueda 4 días restantes en Prueba de versión											
Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol	
1 Género	Númerico	8	2	Sexo	(1,00, Masculino)...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada	
2 Variable	Númerico	8	2	Variable	(1,00, Variable Inde...	Ninguna	11	Derecha	Ordinal	Entrada	
3 PREG_1	Númerico	8	2	1. ¿Con qué frecuencia se logra cumplir con la meta de unidades ...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	13	Derecha	Escala	Entrada	
4 PREG_2	Númerico	8	2	2. ¿Con qué frecuencia el volumen de productos terminados coinc...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	
5 PREG_3	Númerico	8	2	3. El número de productos sin defectos es el máximo posible:	(1,00, Nunca)...	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada	
6 PREG_4	Númerico	8	2	4. El volumen de producción de mi área cumple a tiempo con el vo...	(1,00, Totalmente e...	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada	
7 PREG_5	Númerico	8	2	5. Nivel de cumplimiento medio de los tiempos estándar asignad...	(1,00, Nulo)...	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada	
8 PREG_6	Númerico	8	2	6. El flujo de producción se interrumpe debido a demoras en los c...	(1,00, Siempre (ocur...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	
9 PREG_7	Númerico	8	2	7. El balanceo en el flujo de operaciones se mantiene sin interrup...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
10 PREG_8	Númerico	8	2	8. Las órdenes de trabajo programadas para el turno se ejecutan ...	(1,00, Nunca)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
11 PREG_9	Númerico	8	2	9. Nivel de correspondencia entre la cantidad de materia primalm...	(1,00, Nula)...	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada	
12 PREG_10	Númerico	8	2	10. ¿En qué medida las materias primas e insumos recibidos en ...	(1,00, Crítica)...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	
13 PREG_11	Númerico	8	2	11. ¿En qué estado de operatividad se encuentran sus máquinas ...	(1,00, Totalmente in...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	
14 PREG_12	Númerico	8	2	12. El nivel de cumplimiento y rigurosidad del programa de mante...	(1,00, Muy bajo)...	Ninguna	12	Derecha	Escala	Entrada	

Anexo 14. Ficha de observación.

FICHA DE OBSERVACIÓN				
EMPRESA:		FECHA:		
ÁREA:		PRODUCTO OBSERVADO:		
LÍNEA:		OBSERVADOR:		
Nº	Descripción del Proceso	Descripción de lo observado.	Problemas identificados.	Consecuencia observada.
1	Preparación de pasta	Formación de pasta con la fórmula 40% T + 30% Pa + 30% T + 5% Cha + 20% Re. Se ingresa al molino durante 29,06 minutos.	El ciclo de molienda es normal y no se han identificado problemas.	Ninguna consecuencia observada.
2	Cisternas	La pasta es movida por los tomillos sin fin que tienen las cisternas.	El ciclo de las cisternas es normal y no se han identificado problemas.	Ninguna consecuencia observada.
3	Filtroprensas	La pasta es prensada y el agua se escurre para formar las tortas.	El ciclo de filtroprensado es normal y no se han identificado problemas.	Ninguna consecuencia observada.
4	Extrusión	Formación de los chorizos cilíndricos.	Frecuentes sobrecargas en el motor debido al cabezote que se utiliza.	Riesgo de avería.
5	Corte	Seccionamiento manual de los chorizos para formar tacos.	Dependencia de procesos manuales.	Se generan tiempos muertos en los que se debe apagar la maquinaria para igualar los ritmos.
6	Secado	Eliminación de agua intergranular, ciclo de duración 18 días.	Dependencia de procesos manuales para llevar las piezas al secadero.	Tiempos muertos en los operarios debido a que un operario espera a que la máquina suba o baje las piezas.
7	Homeado	Quema de piezas en el horno Ficola en ciclos de 11,49 horas.	El ciclo es normal y no se han identificado problemas.	Ninguna consecuencia observada.
8	Clasificación	Las macetas son chocadas entre sí para ver los defectos clasificando en A, B y C.	Existen piezas defectuosas.	Perdidas monetarias.
9	Lacado	Las piezas son sumergidas en tintas con agua, silicona y laca.	Se puede observar que las piezas son lacadas sin una estandarización de tiempos y de piezas.	Hay más tiempos muertos y no se llega a un promedio de piezas lacadas convenientes para la empresa.
10	Empaque	Las piezas son etiquetadas y almacenadas.	Las etiquetas son puestas manualmente durando alrededor de 1 hora, utilizando bastante mano de obra ya que se etiqueta pieza por pieza.	Tiempos muertos de mano de obra.

Anexo 15. Costos de materia prima.

FORMULA DE ARCILLAS							Costos arcillas por 1kg					
PASTA	JADAN	PACHECO	TADAY	VERDE	CHAMOTA	RECICLADO	JADAN	PACHECO	TADAY	VERDE	CHAMOTA	RECICLADO
Roja	40%	30%	30%		5%	20%	\$ 0,0135	\$ 0,0055	\$ 0,0134	\$ 0,0280	\$ 0,0111	\$ 0,0045
Vajilla	40%	20%	30%	10%	5%	20%						
Chamota	40%	20%	30%	10%	15%	20%						

CANTIDAD EN KILOGRAMOS							PRECIO DE ARCILLAS POR KG						Costo total arcillas por pcs	Costo total de arcillas (kg)						
PASTA	LÍNEA	ARTÍCULO	MODELO	TAMAÑO	Kilogramos /PCS	TOTAL (piezas)	JADAN	PACHECO	TADAY	VERDE	CHAMOTA	RECICLADO	JADAN	PACHECO	TADAY	VERDE	CHAMOTA	RECICLADO		
Vajilla	thd	Maceta	Estándar	5	0,0580	4000	0,0232	0,0116	0,0174	0,0058	0,0029	0,0116	\$ 0,0003	\$ 0,0001	\$ 0,0002	\$ 0,0002	\$ 0,00003	\$ 0,0001	\$ 0,0009	\$ 3,4231
Vajilla	thd	Maceta	Estándar	11	0,4600	3120	0,1840	0,0920	0,1380	0,0460	0,0230	0,0920	\$ 0,0025	\$ 0,0005	\$ 0,0018	\$ 0,0013	\$ 0,00025	\$ 0,0004	\$ 0,0068	\$ 21,1763
Roja	thd	Maceta	Estándar	15	1,0250	1880	0,4100	0,3075	0,3075	0,0000	0,0513	0,2050	\$ 0,0055	\$ 0,0017	\$ 0,0041	\$ -	\$ 0,00057	\$ 0,0009	\$ 0,0128	\$ 24,1036
Roja	thd	Maceta	Estándar	20	2,5250	1120	1,0100	0,7575	0,7575	0,0000	0,1263	0,5050	\$ 0,0136	\$ 0,0042	0,0101	\$ -	\$ 0,00140	\$ 0,0023	\$ 0,0316	\$ 35,3736
Roja	thd	Maceta	Estándar	25	3,7500	960	1,5000	1,1250	1,1250	0,0000	0,1875	0,7500	\$ 0,0203	\$ 0,0062	\$ 0,0150	\$ -	\$ 0,00208	\$ 0,0034	\$ 0,0469	\$ 45,0300
Roja	thd	Maceta	Estándar	30	6,0750	680	2,4300	1,8225	1,8225	0,0000	0,3038	1,2150	\$ 0,0328	\$ 0,0100	\$ 0,0243	\$ -	\$ 0,00336	\$ 0,0055	\$ 0,0760	\$ 51,6719
Roja	thd	Maceta	Cabo	19	2,4200	1120	0,9680	0,7260	0,7260	0,0000	0,1210	0,4840	\$ 0,0131	\$ 0,0040	\$ 0,0097	\$ -	\$ 0,00134	\$ 0,0022	\$ 0,0303	\$ 33,9026
Roja	thd	Maceta	Azalea	15	0,9550	1880	0,3820	0,2865	0,2865	0,0000	0,0478	0,1910	\$ 0,0052	\$ 0,0016	\$ 0,0038	\$ -	\$ 0,00053	\$ 0,0009	\$ 0,0119	\$ 22,4575
Vajilla	thd	Maceta	Cilindro	8	0,2950	3360	0,1180	0,0590	0,0885	0,0295	0,0148	0,0590	\$ 0,0016	\$ 0,0003	\$ 0,0012	\$ 0,0008	\$ 0,00016	\$ 0,0003	\$ 0,0044	\$ 14,6251
Roja	thd	Maceta	Cilindro	14	0,9100	1896	0,3640	0,2730	0,2730	0,0000	0,0455	0,1820	\$ 0,0049	\$ 0,0015	\$ 0,0036	\$ -	\$ 0,00050	\$ 0,0008	\$ 0,0114	\$ 21,5814
Roja	thd	Plato	Estándar	10	0,2250	3800	0,0900	0,0675	0,0675	0,0000	0,0113	0,0450	\$ 0,0012	\$ 0,0004	\$ 0,0009	\$ -	\$ 0,00012	\$ 0,0002	\$ 0,0028	\$ 10,6946
Roja	thd	Plato	Estándar	16,5	0,5300	3200	0,2120	0,1590	0,1590	0,0000	0,0265	0,1060	\$ 0,0029	\$ 0,0009	\$ 0,0021	\$ -	\$ 0,00029	\$ 0,0005	\$ 0,0066	\$ 21,2141
Roja	thd	Plato	Estándar	19	0,8850	2000	0,3540	0,2655	0,2655	0,0000	0,0443	0,1770	\$ 0,0048	\$ 0,0015	\$ 0,0035	\$ -	\$ 0,00049	\$ 0,0008	\$ 0,0111	\$ 22,1398
Roja	thd	Plato	Estándar	25	1,7000	1040	0,6800	0,5100	0,5100	0,0000	0,0850	0,3400	\$ 0,0092	\$ 0,0028	\$ 0,0068	\$ -	\$ 0,00094	\$ 0,0015	\$ 0,0213	\$ 22,1147
Roja	thd	Plato	Estándar	30	2,4000	960	0,9600	0,7200	0,7200	0,0000	0,1200	0,4800	\$ 0,0130	\$ 0,0040	\$ 0,0096	\$ -	\$ 0,00133	\$ 0,0022	\$ 0,0300	\$ 28,8192
Roja	thd	Plato	Estándar	36	3,4900	800	1,3960	1,0470	1,0470	0,0000	0,1745	0,6980	\$ 0,0188	\$ 0,0058	\$ 0,0140	\$ -	\$ 0,00193	\$ 0,0031	\$ 0,0437	\$ 34,9233
Roja	thd	Plato	Estándar	40	4,5500	640	1,8200	1,3650	1,3650	0,0000	0,2275	0,9100	\$ 0,0246	\$ 0,0075	\$ 0,0182	\$ -	\$ 0,00252	\$ 0,0041	\$ 0,0569	\$ 36,4243
Roja	thd	Bowl	Bajo	32	3,8250	680	1,5300	1,1475	1,1475	0,0000	0,1913	0,7650	\$ 0,0207	\$ 0,0063	\$ 0,0153	\$ -	\$ 0,00212	\$ 0,0034	\$ 0,0478	\$ 32,5342
Vajilla	thd	Maceta	Cabo	12	0,6500	2768	0,2600	0,1300	0,1950	0,0650	0,0325	0,1300	\$ 0,0035	\$ 0,0007	\$ 0,0026	\$ 0,0018	\$ 0,00036	\$ 0,0006	\$ 0,0096	\$ 26,5471
Roja	thd	Maceta	Cabo	25	4,5000	800	1,8000	1,3500	1,3500	0,0000	0,2250	0,9000	\$ 0,0243	\$ 0,0074	\$ 0,0180	\$ -	\$ 0,00249	\$ 0,0041	\$ 0,0563	\$ 45,0300
Chamota	thd	Maceta	Estándar	40	13,0500	296	2,6100	2,6100	3,9150	1,3050	1,9575	2,6100	\$ 0,0352	\$ 0,0144	\$ 0,0523	\$ 0,0365	\$ 0,02166	\$ 0,0117	\$ 0,1718	\$ 50,8407
Chamota	thd	Maceta	Estándar	35	8,5500	424	1,7100	1,7100	2,5650	0,8550	1,2825	1,7100	\$ 0,0231	\$ 0,0094	\$ 0,0342	\$ 0,0239	\$ 0,01419	\$ 0,0077	\$ 0,1125	\$ 47,7135

El modelo establece fórmulas de arcillas basadas en porcentajes fijos de mezcla para cada tipo de pasta como roja (40 % Jadan, 30 % Pacheco, 30 % Taday, 5 % Chamota, 20 % Reciclado), Vajilla y Chamota y los multiplica por los costos unitarios específicos por kilogramo de cada componente (Jadan a \$0.0135, Pacheco a \$0.0055, Taday a \$0.0134, Verde a \$0.028, Chamota a \$0.0111 y Reciclado a \$0.0045. Para cada artículo, el modelo calcula la cantidad exacta en kilogramos por pieza y por turno multiplicando los kilogramos

unitarios por la producción total, obteniendo así el costo parcial por tipo de arcilla y consolidándolo en el costo total de arcillas por pieza y el costo total de arcillas por kilogramo.

Anexo 16. Mano de obra.

Costo de mano de obra		\$ 681.13	Costo MOD por kg molienda		\$ 0,00567609	Costo MOD por Kg filtro prensa	\$ 0,006401600	Costo MOD por Kg 1era pasada		\$ 0,0032804206	
Costo por día		\$ 34,06						Costo MOD extruder 2da pasada		\$ 14,8997245833	
Salario por hora		\$ 4,26									

PASTA	linea	ARTÍCULO	MODELO	TAMAÑO	PROD / 1	HORAS (TURNO)	TOTAL (piezas)	KG/TURNO DE FORMACION	MOLINO		FILTROPRESA		EXTRUSORA		COSTO EXTRUDER MOD PCS 2da pasada	
									COSTO POR MDO MOLINO	COSTO MDO MOLINO POR PCS	COSTO MOD FILTROPRESA	COSTO MOD FILTROPRESA PCS	COSTO EXTRUDER MOD (1era pasada)	MOD (1era pasada) PCS		COSTO EXTRUDER MOD (2da pasada)
Vajilla	thd	Maceta	Estándar	5	500	8	4000	232	\$ 1,3169	\$ 0,0003	\$ 1,4852	\$ 0,0004	\$ 0,7611	\$ 0,0002	\$ 14,8997	\$ 0,0037
Vajilla	thd	Maceta	Estándar	11	390	8	3120	1435,2	\$ 8,1463	\$ 0,0026	\$ 9,1876	\$ 0,0029	\$ 4,7081	\$ 0,0015	\$ 14,8997	\$ 0,0048
Roja	thd	Maceta	Estándar	15	235	8	1880	1927	\$ 10,9378	\$ 0,0058	\$ 12,3359	\$ 0,0066	\$ 6,3214	\$ 0,0034	\$ 14,8997	\$ 0,0079
Roja	thd	Maceta	Estándar	20	140	8	1120	2828	\$ 16,0520	\$ 0,0143	\$ 18,1037	\$ 0,0162	\$ 9,2770	\$ 0,0083	\$ 14,8997	\$ 0,0133
Roja	thd	Maceta	Estándar	25	120	8	960	3600	\$ 20,4339	\$ 0,0213	\$ 23,0458	\$ 0,0240	\$ 11,8095	\$ 0,0123	\$ 14,8997	\$ 0,0155
Roja	thd	Maceta	Estándar	30	85	8	680	4131	\$ 23,4479	\$ 0,0345	\$ 26,4450	\$ 0,0389	\$ 13,5514	\$ 0,0199	\$ 14,8997	\$ 0,0219
Roja	thd	Maceta	Cabo	19	140	8	1120	2710,4	\$ 15,3845	\$ 0,0137	\$ 17,3509	\$ 0,0155	\$ 8,8913	\$ 0,0079	\$ 14,8997	\$ 0,0133
Roja	thd	Maceta	Azalea	15	235	8	1880	1795,4	\$ 10,1908	\$ 0,0054	\$ 11,4934	\$ 0,0061	\$ 5,8897	\$ 0,0031	\$ 14,8997	\$ 0,0079
Vajilla	thd	Maceta	Cilindro	8	420	8	3360	991,2	\$ 5,6261	\$ 0,0017	\$ 6,3453	\$ 0,0019	\$ 3,2516	\$ 0,0010	\$ 14,8997	\$ 0,0044
Roja	thd	Maceta	Cilindro	14	237	8	1896	1725,36	\$ 9,7933	\$ 0,0052	\$ 11,0451	\$ 0,0058	\$ 5,6599	\$ 0,0030	\$ 14,8997	\$ 0,0079
Roja	thd	Plato	Estándar	10	475	8	3800	855	\$ 4,8531	\$ 0,0013	\$ 5,4734	\$ 0,0014	\$ 2,8048	\$ 0,0007	\$ 14,8997	\$ 0,0039
Roja	thd	Plato	Estándar	16,5	400	8	3200	1696	\$ 9,6266	\$ 0,0030	\$ 10,8571	\$ 0,0034	\$ 5,5636	\$ 0,0017	\$ 14,8997	\$ 0,0047
Roja	thd	Plato	Estándar	19	250	8	2000	1770	\$ 10,0467	\$ 0,0050	\$ 11,3308	\$ 0,0057	\$ 5,8063	\$ 0,0029	\$ 14,8997	\$ 0,0074
Roja	thd	Plato	Estándar	25	130	8	1040	1768	\$ 10,0353	\$ 0,0096	\$ 11,3180	\$ 0,0109	\$ 5,7998	\$ 0,0056	\$ 14,8997	\$ 0,0143
Roja	thd	Plato	Estándar	30	120	8	960	2304	\$ 13,0777	\$ 0,0136	\$ 14,7493	\$ 0,0154	\$ 7,5581	\$ 0,0079	\$ 14,8997	\$ 0,0155
Roja	thd	Plato	Estándar	36	100	8	800	2792	\$ 15,8476	\$ 0,0198	\$ 17,8733	\$ 0,0223	\$ 9,1589	\$ 0,0114	\$ 14,8997	\$ 0,0186
Roja	thd	Plato	Estándar	40	80	8	640	2912	\$ 16,5288	\$ 0,0258	\$ 18,6415	\$ 0,0291	\$ 9,5526	\$ 0,0149	\$ 14,8997	\$ 0,0233
Roja	thd	Bowl	Bajo	32	85	8	680	2601	\$ 14,7635	\$ 0,0217	\$ 16,6506	\$ 0,0245	\$ 8,5324	\$ 0,0125	\$ 14,8997	\$ 0,0219
Vajilla	thd	Maceta	Cabo	12	346	8	2768	1799,2	\$ 10,2124	\$ 0,0037	\$ 11,5178	\$ 0,0042	\$ 5,9021	\$ 0,0021	\$ 14,8997	\$ 0,0054
Roja	thd	Maceta	Cabo	25	100	8	800	3600	\$ 20,4339	\$ 0,0255	\$ 23,0458	\$ 0,0288	\$ 11,8095	\$ 0,0148	\$ 14,8997	\$ 0,0186
Chamota	thd	Maceta	Estándar	40	37	8	296	3862,8	\$ 21,9256	\$ 0,0741	\$ 24,7281	\$ 0,0835	\$ 12,6716	\$ 0,0428	\$ 14,8997	\$ 0,0503
Chamota	thd	Maceta	Estándar	35	53	8	424	3625,2	\$ 20,5769	\$ 0,0485	\$ 23,2071	\$ 0,0547	\$ 11,8922	\$ 0,0280	\$ 14,8997	\$ 0,0351

El modelo parte de parámetros globales como el costo de mano de obra de \$681.13, el costo por día de \$34.06 y el salario por hora de \$4.26, utilizando fórmulas que determinan de forma secuencial el costo unitario por pieza y por kilogramo en los centros de trabajo de molino, filtro prensa y extrusora (tanto para la primera como para la segunda pasada), dividiendo el costo total del proceso respectivo

entre la producción por turno, las horas operativas y los kilogramos formados de cada artículo (vajilla, roja y chamota) para acumular con precisión el costo de mano de obra por unidad.

Costo MOD por corte	\$ 0,62082186		N° de operadores en prensa		2,25		KG PROMEDIO CARGA								6380,2	
CORTADORA			PRENSAS				SECADEROS				HORNO					
COSTO MOD CORTE	COSTO MOD CORTE PCS	Costo total MOD (1er centro de costos)	COSTO MOD FORMACIÓN	COSTO MOD FORMACIÓN PCS	Costo total MOD (2do centro de costos)	TIPO DE SECADERO	COSTO MOD POR SECADERO	COSTO SECADERO MOD POR PCS	Costo total MOD (3er centro de costos)	KG/PCS	KG POR TUNO	KG PCS SECAS	TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DE HORNO	COSTO DE MOD CARGA Y DESCARGA	COSTO DE MOD CARGA Y DESCARGA PCS	
\$ 11,9198	\$ 0,0030	\$ 30,3826	\$ 76,63	\$ 0,0192	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0011	\$ 4,2571	0,058	232	185,6	0,232719977	\$ 0,9907	\$ 0,0002	
\$ 11,9198	\$ 0,0038	\$ 48,8615	\$ 76,63	\$ 0,0246	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0014	\$ 4,2571	0,46	1435,2	1148,16	1,439653929	\$ 6,1287	\$ 0,0020	
\$ 11,9198	\$ 0,0063	\$ 56,4146	\$ 76,63	\$ 0,0408	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0023	\$ 4,2571	1,025	1927	1541,6	1,932980157	\$ 8,2288	\$ 0,0044	
\$ 11,9198	\$ 0,0106	\$ 70,2522	\$ 76,63	\$ 0,0684	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0076	\$ 8,5141	2,525	2828	2262,4	2,836776277	\$ 12,0763	\$ 0,0108	
\$ 11,9198	\$ 0,0124	\$ 82,1087	\$ 76,63	\$ 0,0798	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0089	\$ 8,5141	3,75	3600	2880	3,611172064	\$ 15,3730	\$ 0,0160	
\$ 11,9198	\$ 0,0175	\$ 90,2638	\$ 76,63	\$ 0,1127	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0125	\$ 8,5141	6,075	4131	3304,8	4,143819943	\$ 17,6405	\$ 0,0259	
\$ 11,9198	\$ 0,0106	\$ 68,4461	\$ 76,63	\$ 0,0684	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0076	\$ 8,5141	2,42	2710,4	2168,32	2,718811323	\$ 11,5742	\$ 0,0103	
\$ 11,9198	\$ 0,0063	\$ 54,3934	\$ 76,63	\$ 0,0408	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0023	\$ 4,2571	0,955	1795,4	1436,32	1,800971756	\$ 7,6669	\$ 0,0041	
\$ 11,9198	\$ 0,0035	\$ 42,0425	\$ 76,63	\$ 0,0228	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0013	\$ 4,2571	0,295	991,2	792,96	0,994276042	\$ 4,2327	\$ 0,0013	
\$ 11,9198	\$ 0,0063	\$ 53,3178	\$ 76,63	\$ 0,0404	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0022	\$ 4,2571	0,91	1725,36	1380,288	1,730714398	\$ 7,3678	\$ 0,0039	
\$ 11,9198	\$ 0,0031	\$ 39,9507	\$ 76,63	\$ 0,0202	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0011	\$ 4,2571	0,225	855	684	0,857653365	\$ 3,6511	\$ 0,0010	
\$ 11,9198	\$ 0,0037	\$ 52,8669	\$ 76,63	\$ 0,0239	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0013	\$ 4,2571	0,53	1696	1356,8	1,701263283	\$ 7,2424	\$ 0,0023	
\$ 11,9198	\$ 0,0060	\$ 54,0034	\$ 76,63	\$ 0,0383	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0021	\$ 4,2571	0,885	1770	1416	1,775492931	\$ 7,5584	\$ 0,0038	
\$ 11,9198	\$ 0,0115	\$ 53,9726	\$ 76,63	\$ 0,0737	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0041	\$ 4,2571	1,7	1768	1414,4	1,773486725	\$ 7,5498	\$ 0,0073	
\$ 11,9198	\$ 0,0124	\$ 62,2046	\$ 76,63	\$ 0,0798	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0044	\$ 4,2571	2,4	2304	1843,2	2,311150121	\$ 9,8387	\$ 0,0102	
\$ 11,9198	\$ 0,0149	\$ 69,6993	\$ 76,63	\$ 0,0958	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0106	\$ 8,5141	3,49	2792	2233,6	2,800664556	\$ 11,9226	\$ 0,0149	
\$ 11,9198	\$ 0,0186	\$ 71,5423	\$ 76,63	\$ 0,1197	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0133	\$ 8,5141	4,55	2912	2329,6	2,921036958	\$ 12,4350	\$ 0,0194	
\$ 11,9198	\$ 0,0175	\$ 66,7659	\$ 76,63	\$ 0,1127	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0125	\$ 8,5141	3,825	2601	2080,8	2,609071816	\$ 11,1070	\$ 0,0163	
\$ 11,9198	\$ 0,0043	\$ 54,4518	\$ 76,63	\$ 0,0277	\$ 76,63	GAS	\$ 4,2571	\$ 0,0015	\$ 4,2571	0,65	1799,2	1439,36	1,804783549	\$ 7,6831	\$ 0,0028	
\$ 11,9198	\$ 0,0149	\$ 82,1087	\$ 76,63	\$ 0,0958	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0106	\$ 8,5141	4,5	3600	2880	3,611172064	\$ 15,3730	\$ 0,0192	
\$ 11,9198	\$ 0,0403	\$ 86,1448	\$ 76,63	\$ 0,2589	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0288	\$ 8,5141	13,05	3862,8	3090,24	3,874787624	\$ 16,4952	\$ 0,0557	
\$ 11,9198	\$ 0,0281	\$ 82,4957	\$ 76,63	\$ 0,1807	\$ 76,63	AEREO	\$ 8,5141	\$ 0,0201	\$ 8,5141	8,55	3625,2	2900,16	3,636450268	\$ 15,4806	\$ 0,0365	

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de mano de obra directa (MOD) para los centros de trabajo de cortadora, prensas, secaderos y horno, partiendo de variables globales como el costo MOD por corte de \$0.6208, \$2,25 operadores en prensa y un kilogramo promedio de carga de \$6380,2. Su formulación calcula de forma secuencial

el costo unitario por pieza dividiendo el costo del proceso respectivo entre la producción o utilizando los tiempos de carga y descarga, el tipo de secadero (gas o aéreo) y los kilogramos por pieza seca, acumulando así el costo parcial de mano de obra en cada etapa productiva.

BODEGA														
Costo total MOD (4to centro de costos)	TIEMPO (min)	TEMPO POR PIEZA (min)	TIEMPO POR PIEZA (h)	COSTO MOD LACADO POR PCS	COSTO MOD LACADO	PCS POR PALLET	TIEMPO DE EMPAQUE (min)	TIEMPO EMPQUE x 6 personas (min)	TIEMPO EMPAQUE (h)	COSTO MOD EMPAQUE	COSTO MOD EMPAQUE PCS	Costo total MOD (5to centro de costos)	COSTO TOTAL MOD	COSTO TOTAL MOD PCS
\$ 0,9907	9,813953488	0,101895735	0,001698262	\$ 0,0072	\$ 28,9184	6400	120	720	12	\$ 51,0848	\$ 0,0080	\$ 80,0032	\$ 192,2607	\$ 0,0300
\$ 6,1287	11,59943262	0,086211113	0,001436852	\$ 0,0061	\$ 19,0843	960	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0111	\$ 29,7270	\$ 165,6014	\$ 0,1725
\$ 8,2288	6,589795918	0,151749768	0,002529163	\$ 0,0108	\$ 20,2416	480	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0222	\$ 30,8843	\$ 176,4119	\$ 0,3675
\$ 12,0763	3,792974589	0,26364532	0,004394089	\$ 0,0187	\$ 20,9506	360	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0296	\$ 31,5933	\$ 199,0631	\$ 0,5530
\$ 15,3730	2,373684211	0,421286031	0,007021434	\$ 0,0299	\$ 28,6951	195	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0546	\$ 39,3377	\$ 221,9607	\$ 1,1383
\$ 17,6405	2,033793103	0,491692099	0,008194868	\$ 0,0349	\$ 23,7225	120	20	120	2	\$ 8,5141	\$ 0,0710	\$ 32,2367	\$ 225,2823	\$ 1,8774
\$ 11,5742	3,460204082	0,289000295	0,004816672	\$ 0,0205	\$ 22,9655	180	20	120	2	\$ 8,5141	\$ 0,0473	\$ 31,4796	\$ 196,6411	\$ 1,0925
\$ 7,6669	10,27563025	0,097317632	0,001621961	\$ 0,0069	\$ 12,9810	480	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0222	\$ 23,6237	\$ 166,5682	\$ 0,3470
\$ 4,2327	8,502071251	0,117618398	0,001960307	\$ 0,0083	\$ 28,0397	1440	35	210	3,5	\$ 14,8997	\$ 0,0103	\$ 42,9394	\$ 170,0988	\$ 0,1181
\$ 7,3678	5,12962963	0,194945848	0,003249097	\$ 0,0138	\$ 26,2247	480	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0222	\$ 36,8674	\$ 178,4372	\$ 0,3717
\$ 3,6511	8,168904959	0,122415428	0,002040257	\$ 0,0087	\$ 33,0049	2880	2	12	0,2	\$ 0,8514	\$ 0,0003	\$ 33,8563	\$ 158,3423	\$ 0,0550
\$ 7,2424	6,00952381	0,166402536	0,002773376	\$ 0,0118	\$ 37,7806	1260	40	240	4	\$ 17,0283	\$ 0,0135	\$ 54,8089	\$ 195,8023	\$ 0,1554
\$ 7,5584	5,084325397	0,196682927	0,003278049	\$ 0,0140	\$ 27,9097	1008	35	210	3,5	\$ 14,8997	\$ 0,0148	\$ 42,8095	\$ 185,2554	\$ 0,1838
\$ 7,5498	3,334615385	0,29988466	0,004998078	\$ 0,0213	\$ 22,1282	480	30	180	3	\$ 12,7712	\$ 0,0266	\$ 34,8994	\$ 177,3061	\$ 0,3694
\$ 9,8387	2,861111111	0,349514563	0,005825243	\$ 0,0248	\$ 23,8065	288	20	120	2	\$ 8,5141	\$ 0,0296	\$ 32,3206	\$ 185,2481	\$ 0,6432
\$ 11,9226	1,683862434	0,593872742	0,009897879	\$ 0,0421	\$ 33,7087	144	20	120	2	\$ 8,5141	\$ 0,0591	\$ 42,2229	\$ 208,9861	\$ 1,4513
\$ 12,4350	1,647619048	0,606936416	0,010115607	\$ 0,0431	\$ 27,5602	192	20	120	2	\$ 8,5141	\$ 0,0443	\$ 36,0743	\$ 205,1929	\$ 1,0687
\$ 11,1070	1,599378882	0,625242718	0,010420712	\$ 0,0444	\$ 30,1659	198	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0538	\$ 40,8086	\$ 203,8228	\$ 1,0294
\$ 7,6831	6,544969512	0,1527891	0,002546485	\$ 0,0108	\$ 30,0066	512	25	150	2,5	\$ 10,6427	\$ 0,0208	\$ 40,6493	\$ 183,6684	\$ 0,3587
\$ 15,3730	2,35218254	0,425137073	0,007085618	\$ 0,0302	\$ 24,1311	128	20	120	2	\$ 8,5141	\$ 0,0665	\$ 32,6453	\$ 215,2682	\$ 1,6818
\$ 16,4952	0,879188713	1,137412237	0,018956871	\$ 0,0807	\$ 23,8874	64	10	60	1	\$ 4,2571	\$ 0,0665	\$ 28,1444	\$ 215,9257	\$ 3,3738
\$ 15,4806	1,670068027	0,598778004	0,009979633	\$ 0,0425	\$ 18,0132	64	15	90	1,5	\$ 6,3856	\$ 0,0998	\$ 24,3988	\$ 207,5164	\$ 3,2424

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de mano de obra directa (MOD) en la sección de bodega, abarcando los procesos de lacado y empaque. Su formulación calcula el tiempo por pieza en minutos y horas, determina el costo

MOD de lacado por pieza y total basándose en las piezas por palet, y calcula el tiempo y costo de empaque por hora, por persona y por pieza, para finalmente consolidar el costo total de MOD del quinto centro de costos y obtener el costo total final de MOD y por pieza de cada artículo.

Anexo 17. Costo CIF.

											Tarifa electrica por hora KWh		\$	0,09700											
											Potencia de molino			134,7397											
											MOLINO		FILTROPRESA			EXTRUDER									
PASTA	Linea	ARTÍCULO	MODELO	TAMAÑO	Gramos/PCS	Kilogramos /PCS	PROD / H	HORAS (TURNO)	TOTAL (piezas)	TOTAL DE KG POR TURNO	COSTO DE ENERGÍA POR KG MOLIENDA	COSTO DE ENERGIA MOLINO POR TURNO DE FORMACIÓN	COSTO DE ENERGÍA POR KG FILTROPRESA	COSTO DE ENERGIAFILTROPREN SA	COSTO DE ENERGÍA POR KG EXTRUDER (1era y 2da pasada)	COSTO DE ENERGIA EXTRUDER POR TURNO DE FORMACIÓN	COSTO CIF 1ER CENTRO	PRENSA							
Vajilla	thd	Maceta	Estándar	5	58	0,06	500	8	4000	232	\$	0,0041	\$	0,9460	\$	0,0011	\$	0,2565	\$	0,0015	\$	0,3371	\$	1,5397	AZUL
Vajilla	thd	Maceta	Estándar	11	460	0,46	390	8	3120	1435,2	\$	0,0041	\$	5,8524	\$	0,0011	\$	1,5868	\$	0,0015	\$	2,0854	\$	9,5247	AZUL
Roja	thd	Maceta	Estándar	15	1025	1,03	235	8	1880	1927	\$	0,0041	\$	7,8578	\$	0,0011	\$	2,1306	\$	0,0015	\$	2,8001	\$	12,7885	CAMPOY
Roja	thd	Maceta	Estándar	20	2525	2,53	140	8	1120	2828	\$	0,0041	\$	11,5319	\$	0,0011	\$	3,1268	\$	0,0015	\$	4,1093	\$	18,7680	CAMPOY
Roja	thd	Maceta	Estándar	25	3750	3,75	120	8	960	3600	\$	0,0041	\$	14,6799	\$	0,0011	\$	3,9804	\$	0,0015	\$	5,2311	\$	23,8914	VICENTINI
Roja	thd	Maceta	Estándar	30	6075	6,08	85	8	680	4131	\$	0,0041	\$	16,8452	\$	0,0011	\$	4,5675	\$	0,0015	\$	6,0026	\$	27,4153	VICENTINI
Roja	thd	Maceta	Cabo	19	2420	2,42	140	8	1120	2710,4	\$	0,0041	\$	11,0524	\$	0,0011	\$	2,9968	\$	0,0015	\$	3,9384	\$	17,9875	CAMPOY
Roja	thd	Maceta	Azalea	15	955	0,96	235	8	1880	1795,4	\$	0,0041	\$	7,3212	\$	0,0011	\$	1,9851	\$	0,0015	\$	2,6088	\$	11,9152	CAMPOY
Vajilla	thd	Maceta	Cilindro	8	295	0,30	420	8	3360	991,2	\$	0,0041	\$	4,0419	\$	0,0011	\$	1,0959	\$	0,0015	\$	1,4403	\$	6,5781	AZUL
Roja	thd	Maceta	Cilindro	14	910	0,91	237	8	1896	1725,36	\$	0,0041	\$	7,0356	\$	0,0011	\$	1,9077	\$	0,0015	\$	2,5071	\$	11,4503	AZUL
Roja	thd	Plato	Estándar	10	225	0,23	475	8	3800	855	\$	0,0041	\$	3,4865	\$	0,0011	\$	0,9453	\$	0,0015	\$	1,2424	\$	5,6742	AZUL
Roja	thd	Plato	Estándar	16,5	530	0,53	400	8	3200	1696	\$	0,0041	\$	6,9159	\$	0,0011	\$	1,8752	\$	0,0015	\$	2,4644	\$	11,2555	AZUL
Roja	thd	Plato	Estándar	19	885	0,89	250	8	2000	1770	\$	0,0041	\$	7,2176	\$	0,0011	\$	1,9570	\$	0,0015	\$	2,5719	\$	11,7466	AZUL
Roja	thd	Plato	Estándar	25	1700	1,70	130	8	1040	1768	\$	0,0041	\$	7,2095	\$	0,0011	\$	1,9548	\$	0,0015	\$	2,5690	\$	11,7333	CAMPOY
Roja	thd	Plato	Estándar	30	2400	2,40	120	8	960	2304	\$	0,0041	\$	9,3952	\$	0,0011	\$	2,5474	\$	0,0015	\$	3,3479	\$	15,2905	CAMPOY
Roja	thd	Plato	Estándar	36	3490	3,49	100	8	800	2792	\$	0,0041	\$	11,3851	\$	0,0011	\$	3,0870	\$	0,0015	\$	4,0570	\$	18,5291	VICENTINI
Roja	thd	Plato	Estándar	40	4550	4,55	80	8	640	2912	\$	0,0041	\$	11,8744	\$	0,0011	\$	3,2197	\$	0,0015	\$	4,2313	\$	19,3255	VICENTINI
Roja	thd	Bowl	Bajo	32	3825	3,83	85	8	680	2601	\$	0,0041	\$	10,6063	\$	0,0011	\$	2,8758	\$	0,0015	\$	3,7794	\$	17,2615	VICENTINI
Vajilla	thd	Maceta	Cabo	12	650	0,65	346	8	2768	1799,2	\$	0,0041	\$	7,3367	\$	0,0011	\$	1,9893	\$	0,0015	\$	2,6144	\$	11,9404	AZUL
Roja	thd	Maceta	Cabo	25	4500	4,50	100	8	800	3600	\$	0,0041	\$	14,6799	\$	0,0011	\$	3,9804	\$	0,0015	\$	5,2311	\$	23,8914	VICENTINI
Chamota	thd	Maceta	Estándar	40	13050	13,05	37	8	296	3862,8	\$	0,0041	\$	15,7516	\$	0,0011	\$	4,2709	\$	0,0015	\$	5,6129	\$	25,6354	VICENTINI
Chamota	thd	Maceta	Estándar	35	8550	8,55	53	8	424	3625,2	\$	0,0041	\$	14,7827	\$	0,0011	\$	4,0082	\$	0,0015	\$	5,2677	\$	24,0586	VICENTINI

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de energía eléctrica y costos indirectos de fabricación (CIF) por centro de trabajo. Su formulación parte de parámetros globales como una tarifa eléctrica de \$0.09700 por KWh y una potencia de molino de \$134.7397, para calcular de manera secuencial el costo de energía por kilogramo y por turno en las secciones de molino, filtro prensa y extrusora (incluyendo primera y segunda pasada), multiplicando los kilogramos totales por turno o por kilogramo procesado para consolidar los costos energéticos y el primer centro CIF (etiquetado por áreas como azul, campoy o vicentini) para cada artículo.

					CARROS TOTALES POR SECADRO DE GAS	30								
COSTO DE ENERGÍA PRENSAS	COSTO DE ENERGÍA PRENSAS PCS	COSTO CIF 2DO CENTRO	TIEMPO DE SECADO	PCS LINEAS DE SECADO	CANTIDA DE LINEAS/ TURNO DE FORMACION	CARROS POR SECADERO	PORCETAJE DE OCUPACION DEL SECADERO	TIEMPO DE SECADO	DE SECADARO DE GAS/ TURNO DE FORMACION	Tiempo de secado por líneas de secado aereo	Costo de energia por turno de formación aereo	COSTO DE ENERGÍA SECADERO	COSTO DE ENERGÍA DE SECADERO POR PCS	COSTO CIF 3ER CENTRO
\$ 3,8958	\$ 0,0010	\$ 3,8958	24			2	6,67%	1,6	\$ 0,1552	0	\$ -	\$ 0,1552	\$ 0,0000	\$ 0,1552
\$ 3,8958	\$ 0,0012	\$ 3,8958	24			6	20,00%	4,8	\$ 0,4656	0	\$ -	\$ 0,4656	\$ 0,0001	\$ 0,4656
\$ 13,0698	\$ 0,0070	\$ 13,0698	24			8	26,67%	6,4	\$ 0,6208	0	\$ -	\$ 0,6208	\$ 0,0003	\$ 0,6208
\$ 13,0698	\$ 0,0117	\$ 13,0698	72	750	1,49333			0	\$ -	107,5200	\$ 10,4294	\$ 10,4294	\$ 0,0093	\$ 10,4294
\$ 10,0537	\$ 0,0105	\$ 10,0537	72	625	1,53600			0	\$ -	110,5920	\$ 10,7274	\$ 10,7274	\$ 0,0112	\$ 10,7274
\$ 10,0537	\$ 0,0148	\$ 10,0537	72	500	1,36000			0	\$ -	97,9200	\$ 9,4982	\$ 9,4982	\$ 0,0140	\$ 9,4982
\$ 13,0698	\$ 0,0117	\$ 13,0698	72	750	1,49333			0	\$ -	107,5200	\$ 10,4294	\$ 10,4294	\$ 0,0093	\$ 10,4294
\$ 13,0698	\$ 0,0070	\$ 13,0698	24			8	26,67%	6,4	\$ 0,6208	0	\$ -	\$ 0,6208	\$ 0,0003	\$ 0,6208
\$ 3,8958	\$ 0,0012	\$ 3,8958	24			3	10,00%	2,4	\$ 0,2328	0	\$ -	\$ 0,2328	\$ 0,0001	\$ 0,2328
\$ 3,8958	\$ 0,0021	\$ 3,8958	24			6	20,00%	4,8	\$ 0,4656	0	\$ -	\$ 0,4656	\$ 0,0002	\$ 0,4656
\$ 3,8958	\$ 0,0010	\$ 3,8958	24			4	13,33%	3,2	\$ 0,3104	0	\$ -	\$ 0,3104	\$ 0,0001	\$ 0,3104
\$ 3,8958	\$ 0,0012	\$ 3,8958	24			5	16,67%	4	\$ 0,3880	0	\$ -	\$ 0,3880	\$ 0,0001	\$ 0,3880
\$ 3,8958	\$ 0,0019	\$ 3,8958	24			7	23,33%	5,6	\$ 0,5432	0	\$ -	\$ 0,5432	\$ 0,0003	\$ 0,5432
\$ 13,0698	\$ 0,0126	\$ 13,0698	24			9	30,00%	7,2	\$ 0,6984	0	\$ -	\$ 0,6984	\$ 0,0007	\$ 0,6984
\$ 13,0698	\$ 0,0136	\$ 13,0698	72			9	30,00%	21,6	\$ 2,0952	0	\$ -	\$ 2,0952	\$ 0,0022	\$ 2,0952
\$ 10,0537	\$ 0,0126	\$ 10,0537	72	300	2,66666667			0	\$ -	192,0000	\$ 18,6240	\$ 18,6240	\$ 0,0233	\$ 18,6240
\$ 10,0537	\$ 0,0157	\$ 10,0537	72	300	2,13333333			0	\$ -	153,6000	\$ 14,8992	\$ 14,8992	\$ 0,0233	\$ 14,8992
\$ 10,0537	\$ 0,0148	\$ 10,0537	72	375	1,81333333			0	\$ -	130,5600	\$ 12,6643	\$ 12,6643	\$ 0,0186	\$ 12,6643
\$ 3,8958	\$ 0,0014	\$ 3,8958	24			5	16,67%	4	\$ 0,3880	0,0000	\$ -	\$ 0,3880	\$ 0,0001	\$ 0,3880
\$ 10,0537	\$ 0,0126	\$ 10,0537	72	500	1,6			0	\$ -	115,2000	\$ 11,1744	\$ 11,1744	\$ 0,0140	\$ 11,1744
\$ 10,0537	\$ 0,0340	\$ 10,0537	72	300	0,98666667			0	\$ -	71,0400	\$ 6,8909	\$ 6,8909	\$ 0,0233	\$ 6,8909
\$ 10,0537	\$ 0,0237	\$ 10,0537	72	200	2,12			0	\$ -	152,6400	\$ 14,8061	\$ 14,8061	\$ 0,0349	\$ 14,8061

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de energía y los costos indirectos de fabricación (CIF) para los centros de prensas y secaderos, utilizando un parámetro global de \$30\$ carros totales por secadero de gas. Su formulación determina el costo de energía en prensas y su valor por pieza, calcula el porcentaje de ocupación del secadero dividiendo los carros por secadero entre el total, evalúa el tiempo de secado y el costo de energía por turno tanto para secaderos de gas como aéreos, y consolida el costo total de energía de secadero por pieza y el tercer centro CIF.

KG PCS FORMADA	KG PCS SECA	Consumo de energía por quemas	energía por turno de formación	Costo de tanque	Costo de gas por turno	TOTAL DE GAS TURNO	COSTO DE GAS POR PCS	COSTO CIF 4TO CENTRO	PCS PALLETS	PALETS POR TURNO DE FORMACION	COSTO DE PALET	COSTO DE PALET POR TURNO DE FORMACION	Costo Pallets PCS	DE PALET POR PIEZA	COSTO DE CIF 5TO CENTRO
232	190	\$ 0,00189	\$ 0,3597	\$ 0,1116	\$ 21,2289	\$ 21,2308	\$ 0,0053	\$ 3,5605	6400	0,63	\$ 11,5000	\$ 7,1875	\$ 0,0005	\$ 2,0187	\$ 7,1875
1435,2	1177	\$ 0,00189	\$ 2,2253	\$ 0,1116	\$ 131,3263	\$ 131,3281	\$ 0,0421	\$ 22,0245	960	3,25	\$ 11,5000	\$ 37,3750	\$ 0,0005	\$ 1,6970	\$ 37,3750
1927	1580	\$ 0,00189	\$ 2,9878	\$ 0,1116	\$ 176,3278	\$ 176,3297	\$ 0,0938	\$ 29,5715	480	3,92	\$ 11,5000	\$ 45,0417	\$ 0,0008	\$ 1,5231	\$ 45,0417
2828	2319	\$ 0,00189	\$ 4,3848	\$ 0,1116	\$ 258,7727	\$ 258,7746	\$ 0,2310	\$ 43,3980	360	3,11	\$ 11,5000	\$ 35,7778	\$ 0,0007	\$ 0,8244	\$ 35,7778
3600	2952	\$ 0,00189	\$ 5,5817	\$ 0,1116	\$ 329,4137	\$ 329,4156	\$ 0,3431	\$ 55,2450	192	5,00	\$ 11,5000	\$ 57,5000	\$ 0,0011	\$ 1,0408	\$ 57,5000
4131	3387	\$ 0,00189	\$ 6,4050	\$ 0,1116	\$ 378,0022	\$ 378,0041	\$ 0,5559	\$ 63,3936	120	5,67	\$ 11,5000	\$ 65,1667	\$ 0,0015	\$ 1,0280	\$ 65,1667
2710,4	2223	\$ 0,00189	\$ 4,2024	\$ 0,1116	\$ 248,0119	\$ 248,0138	\$ 0,2214	\$ 41,5934	180	6,22	\$ 11,5000	\$ 71,5556	\$ 0,0015	\$ 1,7204	\$ 71,5556
1795,4	1472	\$ 0,00189	\$ 2,7837	\$ 0,1116	\$ 164,2859	\$ 164,2878	\$ 0,0874	\$ 27,5520	480	3,92	\$ 11,5000	\$ 45,0417	\$ 0,0009	\$ 1,6348	\$ 45,0417
991,2	813	\$ 0,00189	\$ 1,5368	\$ 0,1116	\$ 90,6986	\$ 90,7005	\$ 0,0270	\$ 15,2110	480	7,00	\$ 11,5000	\$ 80,5000	\$ 0,0016	\$ 5,2922	\$ 80,5000
1725,36	1415	\$ 0,00189	\$ 2,6751	\$ 0,1116	\$ 157,8770	\$ 157,8789	\$ 0,0833	\$ 26,4772	1440	1,32	\$ 11,5000	\$ 15,1417	\$ 0,0003	\$ 0,5719	\$ 15,1417
855	701	\$ 0,00189	\$ 1,3257	\$ 0,1116	\$ 78,2357	\$ 78,2376	\$ 0,0206	\$ 13,1209	2880	1,32	\$ 11,5000	\$ 15,1736	\$ 0,0003	\$ 1,1564	\$ 15,1736
1696	1391	\$ 0,00189	\$ 2,6296	\$ 0,1116	\$ 155,1904	\$ 155,1923	\$ 0,0485	\$ 26,0267	1260	2,54	\$ 11,5000	\$ 29,2063	\$ 0,0004	\$ 1,1222	\$ 29,2063
1770	1451	\$ 0,00189	\$ 2,7444	\$ 0,1116	\$ 161,9617	\$ 161,9636	\$ 0,0810	\$ 27,1623	1008	1,98	\$ 11,5000	\$ 22,8175	\$ 0,0004	\$ 0,8400	\$ 22,8175
1768	1450	\$ 0,00189	\$ 2,7413	\$ 0,1116	\$ 161,7787	\$ 161,7806	\$ 0,1556	\$ 27,1316	480	2,17	\$ 11,5000	\$ 24,9167	\$ 0,0009	\$ 0,9184	\$ 24,9167
2304	1889	\$ 0,00189	\$ 3,5723	\$ 0,1116	\$ 210,8248	\$ 210,8266	\$ 0,2196	\$ 35,3569	288	3,33	\$ 11,5000	\$ 38,3333	\$ 0,0011	\$ 1,0842	\$ 38,3333
2792	2289	\$ 0,00189	\$ 4,3289	\$ 0,1116	\$ 255,4786	\$ 255,4805	\$ 0,3194	\$ 42,8456	144	5,56	\$ 11,5000	\$ 63,8889	\$ 0,0019	\$ 1,4911	\$ 63,8889
2912	2388	\$ 0,00189	\$ 4,5150	\$ 0,1116	\$ 266,4591	\$ 266,4610	\$ 0,4163	\$ 44,6871	192	3,33	\$ 11,5000	\$ 38,3333	\$ 0,0013	\$ 0,8578	\$ 38,3333
2601	2133	\$ 0,00189	\$ 4,0328	\$ 0,1116	\$ 238,0014	\$ 238,0033	\$ 0,3500	\$ 39,9146	198	3,43	\$ 11,5000	\$ 39,4949	\$ 0,0015	\$ 0,9895	\$ 39,4949
1799,2	1475	\$ 0,00189	\$ 2,7896	\$ 0,1116	\$ 164,6336	\$ 164,6355	\$ 0,0595	\$ 27,6103	512	5,41	\$ 11,5000	\$ 62,1719	\$ 0,0008	\$ 2,2518	\$ 62,1719
3600	2952	\$ 0,00189	\$ 5,5817	\$ 0,1116	\$ 329,4137	\$ 329,4156	\$ 0,4118	\$ 55,2450	128	6,25	\$ 11,5000	\$ 71,8750	\$ 0,0016	\$ 1,3010	\$ 71,8750
3862,8	3167	\$ 0,00189	\$ 5,9892	\$ 0,1116	\$ 353,4609	\$ 353,4628	\$ 1,1941	\$ 59,2778	64	4,63	\$ 11,5000	\$ 53,1875	\$ 0,0030	\$ 0,8973	\$ 53,1875
3625,2	2973	\$ 0,00189	\$ 5,6208	\$ 0,1116	\$ 331,7196	\$ 331,7215	\$ 0,7824	\$ 55,6317	64	6,63	\$ 11,5000	\$ 76,1875	\$ 0,0032	\$ 1,3695	\$ 76,1875

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de gas y de palets, así como los costos indirectos de fabricación (CIF) del cuarto y quinto centro. Su formulación parte de los kilogramos formados y secos, multiplicando el consumo de energía por quemas y el costo del tanque de gas para obtener el total de gas por turno y por pieza, al tiempo que calcula la cantidad de palets por turno de formación basándose en las piezas por palet y un costo unitario de palet de \$11.50 para determinar el costo por pieza y consolidar los centros CIF finales.

Anexo 18. Costos de insumos.

					COSTO DE LITRO DE MINERAL	COSTO DE LITRO DE SILICONA	COSTO DE LITRO DE FUCELLI										
					1,965	4,6212	6,02										
PASTA	ARTÍCULO	MODELO	NRO	TIPO	PROD/H	PESO TACO (g)	PESO ARTÍCULO (g)	ACEITE 1 (FORMULA)	ACEITE 2 (FORMULA)	LITRO POR TURNO	CANTIDAD DE MINERLA	CANTIDAD SILICONA	CANTIDAD FUCELLI	COSTO POR TURNO ACEITE MINERAL	COSTO POR TURNO ACEITE SILICONA	COSTO POR TURNO ACEITE FUCELLI	COSTO TOTAL EN ACEITES
Vajilla	Maceta	Estándar	5	THD	500	58	45	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	1,5	1,125		0,375	\$ 2,21	\$ -	\$ 2,26	\$ 4,47
Vajilla	Maceta	Estándar	11	THD	390	460	390	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	2	1,5		0,5	\$ 2,95	\$ -	\$ 3,01	\$ 5,96
Roja	Maceta	Estándar	15	THD	235/188	1025	915	90%M+5%S+5%F	-	3	2,7	0,15	0,15	\$ 5,31	\$ 0,69	\$ 0,90	\$ 6,90
Roja	Maceta	Estándar	20	THD	140	2525	2320	90%M+5%S+5%F	-	3	2,7	0,15	0,15	\$ 5,31	\$ 0,69	\$ 0,90	\$ 6,90
Roja	Maceta	Estándar	25	THD	120	3750	3420	90%M+5%S+5%F	-	4	3,6	0,2	0,2	\$ 7,07	\$ 0,92	\$ 1,20	\$ 9,20
Roja	Maceta	Estándar	30	THD	85	6075	5600	75%M+25%F	-	4	3		1	\$ 5,90	\$ -	\$ 6,02	\$ 11,92
Roja	Maceta	Cabo	19	THD	140	2420	2240	90%M+5%S+5%F	-	3	2,7	0,15	0,15	\$ 5,31	\$ 0,69	\$ 0,90	\$ 6,90
Roja	Maceta	Azalea	15	THD	235	955	850	90%M+5%S+5%F	-	2,5	2,25	0,125	0,125	\$ 4,42	\$ 0,58	\$ 0,75	\$ 5,75
Vajilla	Maceta	Cilindro	8	THD	420	295	235	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	1,5	1,125		0,375	\$ 2,21	\$ -	\$ 2,26	\$ 4,47
Roja	Maceta	Cilindro	14	THD	237	910	800	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	2	1,5		0,5	\$ 2,95	\$ -	\$ 3,01	\$ 5,96
Roja	Plato	Estándar	10	THD	475	225	175	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	1	0,75		0,25	\$ 1,47	\$ -	\$ 1,51	\$ 2,98
Roja	Plato	Estándar	16,5	THD	400	530	440	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	2	1,5		0,5	\$ 2,95	\$ -	\$ 3,01	\$ 5,96
Roja	Plato	Estándar	19	THD	250	885	790	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	2	1,5		0,5	\$ 2,95	\$ -	\$ 3,01	\$ 5,96
Roja	Plato	Estándar	25	THD	130	1700	1510	90%M+5%S+5%F	75%M+25%F	3	2,7	0,15	0,15	\$ 5,31	\$ 0,69	\$ 0,90	\$ 6,90
Roja	Plato	Estándar	30	THD	120	2400	2125	90%M+5%S+5%F	75%M+25%F	3	2,7	0,15	0,15	\$ 5,31	\$ 0,69	\$ 0,90	\$ 6,90
Roja	Plato	Estándar	36	THD	100	3490	3260	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	4	3		1	\$ 5,90	\$ -	\$ 6,02	\$ 11,92
Roja	Plato	Estándar	40	THD	80	4550	4075	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	4	3		1	\$ 5,90	\$ -	\$ 6,02	\$ 11,92
Roja	Bowl	Bajo	32	THD	85	3825	3325	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	3	2,25		0,75	\$ 4,42	\$ -	\$ 4,52	\$ 8,94
Roja	Maceta	Cabo	25	THD	100	4500	4020	90%M+5%S+5%F	-	4	3,6	0,2	0,2	\$ 7,07	\$ 0,92	\$ 1,20	\$ 9,20
Chamota	Maceta	Estándar	40	THD	37	13050	11950	75%M+25%F	-	4	3		1	\$ 5,90	\$ -	\$ 6,02	\$ 11,92
Chamota	Maceta	Estándar	35	THD	53	8550	8000	75%M+25%F	-	4	3		1	\$ 5,90	\$ -	\$ 6,02	\$ 11,92
Vajilla	Maceta	Cabo	11	THD	346	650	560	75%M+25%F	90%M+5%S+5%F	1	0,75		0,25	\$ 1,47	\$ -	\$ 1,51	\$ 2,98

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de aceites y lubricantes utilizados en los procesos de producción. Su formulación parte de los costos unitarios por litro de aceite mineral (\$1.965), silicona (\$4.6212) y fucelli (\$6.02), aplicando fórmulas porcentuales de mezcla según el tipo de artículo para determinar la cantidad de litros consumidos por turno de cada componente. Finalmente, multiplica dichos volúmenes por sus tarifas respectivas para calcular el costo por turno de cada aceite y consolidar el costo total en aceites por cada línea de producción.

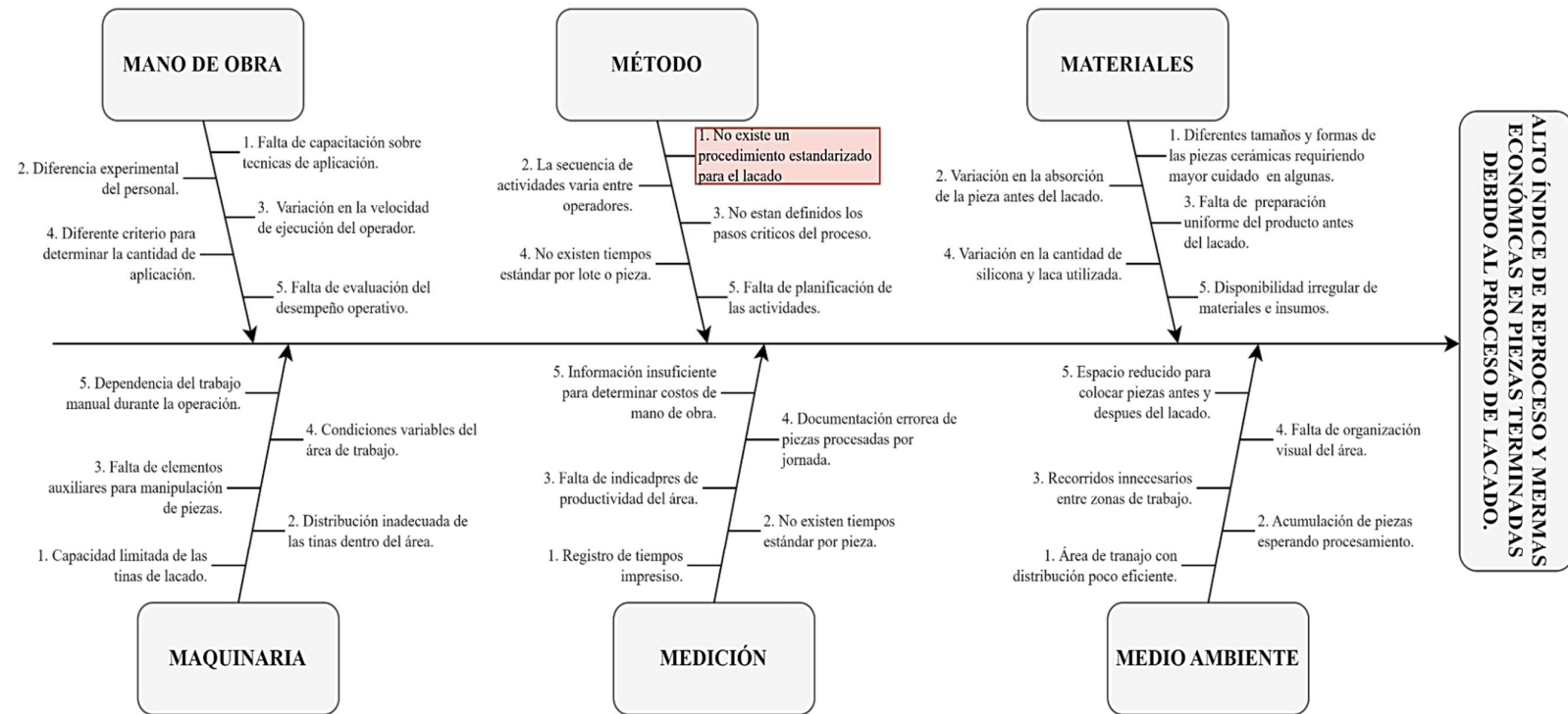
MODELO	TAMAÑO	KG	TOTAL TURNO	Costo de laca	Costo de silicona	Costo de etiquetas	Costo total insumos bodega
Estándar	Maceta 5	0,058	4000	\$ 0,1216	\$ 0,7830	\$ 33,2000	\$ 34,1046
Estándar	Maceta 11	0,46	3120	\$ 0,9642	\$ 6,2100	\$ 25,8960	\$ 33,0702
Estándar	Maceta 15	1,025	1880	\$ 2,1484	\$ 13,8375	\$ 15,6040	\$ 31,5899
Estándar	Maceta 20	2,525	1120	\$ 5,2925	\$ 34,0875	\$ 9,2960	\$ 48,6760
Estándar	Maceta 25	3,75	960	\$ 7,8601	\$ 50,6250	\$ 7,9680	\$ 66,4531
Estándar	Maceta 30	6,075	680	\$ 12,7334	\$ 82,0125	\$ 5,6440	\$ 100,3899
Cabo	Maceta 19	2,42	1120	\$ 5,0724	\$ 32,6700	\$ 9,2960	\$ 47,0384
Azalea	Maceta 15	0,955	1880	\$ 2,0017	\$ 12,8925	\$ 15,6040	\$ 30,4982
Cilindro	Maceta 8	0,295	3360	\$ 0,6183	\$ 3,9825	\$ 27,8880	\$ 32,4888
Cilindro	Maceta 14	0,91	1896	\$ 1,9074	\$ 12,2850	\$ 15,7368	\$ 29,9292
Estándar	Plato 10	0,225	3800	\$ 0,4716	\$ 3,0375	\$ 31,5400	\$ 35,0491
Estándar	Plato 16,5	0,53	3200	\$ 1,1109	\$ 7,1550	\$ 26,5600	\$ 34,8259
Estándar	Plato 19	0,885	2000	\$ 1,8550	\$ 11,9475	\$ 16,6000	\$ 30,4025
Estándar	Plato 25	1,7	1040	\$ 3,5633	\$ 22,9500	\$ 8,6320	\$ 35,1453
Estándar	Plato 30	2,4	960	\$ 5,0305	\$ 32,4000	\$ 7,9680	\$ 45,3985
Estándar	Plato 36	3,49	800	\$ 7,3152	\$ 47,1150	\$ 6,6400	\$ 61,0702
Estándar	Plato 40	4,55	640	\$ 9,5370	\$ 61,4250	\$ 5,3120	\$ 76,2740
Bajo	Bowl 32	3,825	680	\$ 8,0173	\$ 51,6375	\$ 5,6440	\$ 65,2988
Cabo	Maceta 12	0,65	2768	\$ 1,3624	\$ 8,7750	\$ 22,9744	\$ 33,1118
Cabo	Maceta 25	4,5	800	\$ 9,4322	\$ 60,7500	\$ 6,6400	\$ 76,8222
Estándar	Maceta 40	13,05	296	\$ 27,3533	\$ 176,1750	\$ 2,4568	\$ 205,9851
Estándar	Maceta 35	8,55	424	\$ 17,9211	\$ 115,4250	\$ 3,5192	\$ 136,8653

El modelo matemático presentado en la imagen detalla el cálculo de los costos de insumos de bodega para cada modelo y tamaño de pieza cerámica. Su formulación utiliza los kilogramos unitarios y el total de piezas por turno para calcular de forma independiente el costo de laca, el costo de silicona y el costo de etiquetas. Finalmente, suma estos componentes para consolidar el costo total de insumos de bodega por cada línea de producción.

Anexo 19. Matriz de unidades reprocesadas.

ARTÍCULO	MODELO	TAMAÑO	Nº Total de piezas formadas	% promedio de daño formación	Reproceso de piezas formación	Costo de reproceso en formación	% promedio de daño secado	Reproceso de piezas secado	Costo de reproceso secado	% promedio de daño pcs terminadas	Reproceso de pcs terminadas	Costo de reproceso pcs terminadas
Maceta.	Estándar.	40	300	2,09%	6	\$ 0,23	1,35%	4	\$ 0,15	10,79%	32	\$ 1,69
Maceta.	Estándar.	35	1350	2,25%	30	\$ 1,73	3,44%	46	\$ 2,71	1,66%	22	\$ 2,53
Maceta.	Estándar.	30	6800	1,47%	100	\$ 10,08	2,15%	146	\$ 15,12	5,06%	344	\$ 76,65
Maceta.	Cabo.	25	1600	0,85%	14	\$ 2,55	2,61%	42	\$ 8,52	7,37%	118	\$ 59,16
Plato.	Estándar.	36	0	2,73%	0	\$ -	5,78%	0	\$ -	11,16%	0	\$ -
Plato.	Estándar.	40	2560	1,86%	48	\$ 17,16	7,04%	180	\$ 69,72	7,02%	180	\$ 205,73
Maceta.	Estándar.	25	3840	1,10%	42	\$ 7,78	4,25%	163	\$ 32,83	7,86%	302	\$ 147,61
Bowl.	Bajo.	32	2040	2,13%	43	\$ 4,27	3,30%	67	\$ 6,79	6,10%	124	\$ 26,02
Maceta.	Cabo.	19	1040	0,53%	6	\$ 0,27	2,10%	22	\$ 1,09	0,43%	4	\$ 0,40
Plato.	Estándar.	30	0	0,92%	0	\$ -	0,29%	0	\$ -	1,82%	0	\$ -
Maceta.	Estándar.	20	13440	0,28%	38	\$ 1,58	0,70%	94	\$ 4,06	0,63%	85	\$ 6,45
Plato.	Estándar.	25	8320	1,31%	109	\$ 6,19	0,81%	67	\$ 3,93	1,49%	124	\$ 15,53
Maceta.	Estándar.	15	16920	1,74%	294	\$ 25,89	2,29%	387	\$ 35,01	3,70%	626	\$ 123,87
Maceta.	Cilindro.	14	2000	1,21%	24	\$ 4,18	4,18%	84	\$ 14,83	7,42%	148	\$ 57,72
Maceta.	Azalea.	15	0	1,20%	0	\$ -	2,21%	0	\$ -	7,78%	0	\$ -
Maceta.	Cabo.	12	0	1,15%	0	\$ -	12,73%	0	\$ -	5,39%	0	\$ -
Plato.	Estándar.	19	0	2,38%	0	\$ -	5,85%	0	\$ -	9,16%	0	\$ -
Maceta.	Estándar.	11	6240	0,95%	59	\$ 17,39	0,91%	57	\$ 18,42	7,16%	447	\$ 368,48
Plato.	Estándar.	16,5	13440	1,93%	259	\$ 17,72	1,23%	165	\$ 11,57	3,27%	439	\$ 65,33
Maceta.	Cilindro.	8	6720	3,48%	234	\$ 67,54	2,45%	165	\$ 51,60	11,67%	784	\$ 677,71
Plato.	Estándar.	10	3800	1,76%	67	\$ 53,67	4,17%	158	\$ 135,41	18,07%	687	\$ 1.973,88
Maceta.	Estándar.	5	0	1,39%	0	\$ -	3,65%	0	\$ -	5,37%	0	\$ -
Total			90410	35%	1374	\$ 238,22	73%	1849	\$ 411,78	140%	4467	\$ 3.808,76

Anexo 20. Ishikawa de primer nivel.



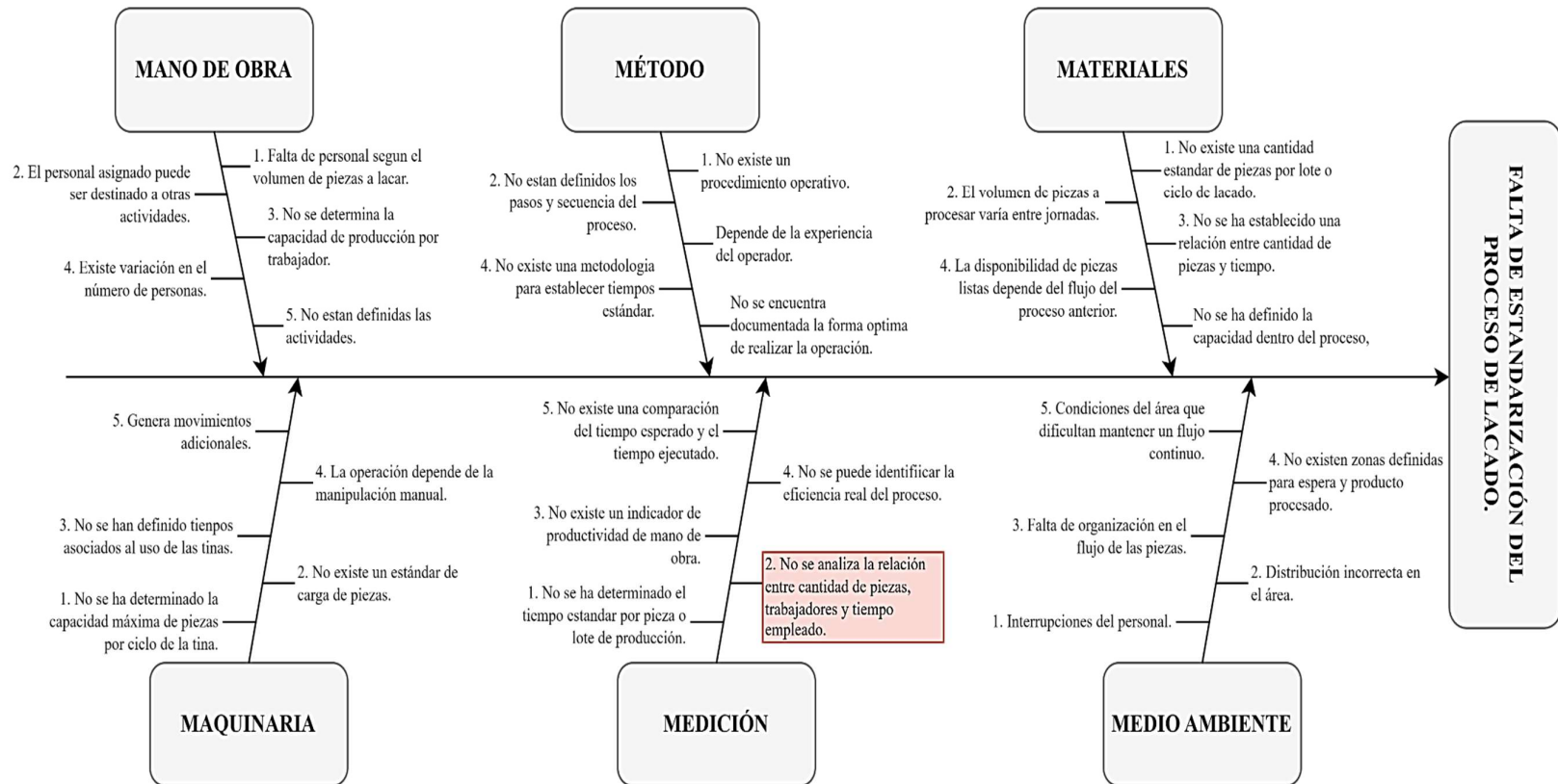
Anexo 21. Checklist del primer Ishikawa basada en criterios.

Criterios	
1	Impacto muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

6M	CAUSA	PESO
MÉTODO	1. No existe un procedimiento estandarizado para el lacado.	5
	2. La secuencia de actividades varía entre operadores.	4
	3. No están definidos los pasos críticos del proceso.	3
	4. No existen tiempos estándar por lote o pieza.	5
	5. Falta de planificación de las actividades.	2
	TOTAL MÉTODO	19
MANO DE OBRA	1. Falta de capacitación sobre técnicas de aplicación.	4
	2. Diferencia experimental del personal.	3
	3. Variación en la velocidad de ejecución del operador.	3
	4. Diferente criterio para determinar la cantidad de aplicación.	3
	5. Falta de evaluación del desempeño operativo.	2
	TOTAL MANO DE OBRA	15
MATERIALES	1. Diferentes tamaños y formas de las piezas cerámicas (requieren mayor cuidado).	3
	2. Variación en la absorción de la pieza antes del lacado.	2
	3. Falta de preparación uniforme del producto antes del lacado.	2
	4. Variación en la cantidad de silicona y laca utilizada.	2
	5. Disponibilidad irregular de materiales e insumos.	2
	TOTAL MATERIALES	11
MAQUINARIA	1. Capacidad limitada de las tinas de lacado.	3
	2. Distribución inadecuada de las tinas dentro del área.	2
	3. Falta de elementos auxiliares para manipulación de piezas.	3
	4. Condiciones variables del área de trabajo.	2
	5. Dependencia del trabajo manual durante la operación.	3
	TOTAL MAQUINARIA	13
MEDICIÓN	1. Registro de tiempos impreso.	2
	2. No existen tiempos estándar por pieza.	3
	3. Falta de indicadores de productividad del área.	3
	4. Documentación errónea de piezas procesadas por jornada.	3
	5. Información insuficiente para determinar costos de mano de obra.	1
	TOTAL MEDICIÓN	12
MEDIO AMBIENTE	1. Área de trabajo con distribución poco eficiente.	2
	2. Acumulación de piezas esperando procesamiento.	3
	3. Recorridos innecesarios entre zonas de trabajo.	2
	4. Falta de organización visual del área.	2
	5. Espacio reducido para colocar piezas antes y después del lacado.	4
	TOTAL MEDIO AMBIENTE	13

ISHIK. PRIMER NIVEL	1. No existe un procedimiento estandarizado para el lacado.
---------------------	---

Anexo 22. Ishikawa de segundo nivel.



Anexo 23. Checklist del segundo Ishikawa.

Criterios	
1	Impacto muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

6M	SUB-CAUSA	PESO
MÉTODO	1. No existe un procedimiento operativo.	4
	2. Depende de la experiencia del operador.	2
	3. No se encuentra documentada la forma óptima de realizar la operación.	4
	4. No están definidos los pasos y secuencia del proceso.	3
	5. No existe una metodología para establecer tiempos estándar.	3
	TOTAL MÉTODO	16
MANO DE OBRA	1. Falta de personal según el volumen de piezas a lacar.	3
	2. El personal asignado puede ser destinado a otras actividades.	2
	3. No se determina la capacidad de producción por trabajador.	3
	4. Existe variación en el número de personas.	2
	5. No están definidas las actividades.	3
	TOTAL MANO DE OBRA	13
MATERIALES	1. No existe una cantidad estándar de piezas por lote o ciclo de lacado.	4
	2. El volumen de piezas a procesar varía entre jornadas.	3
	3. No se ha establecido una relación entre cantidad de piezas y tiempo.	4
	4. La disponibilidad de piezas listas depende del flujo del proceso anterior.	3
	5. No se ha definido la capacidad dentro del proceso.	4
	TOTAL MATERIALES	18
MAQUINARIA	1. No se ha determinado la capacidad máxima de piezas por ciclo de la tina.	3
	2. No existe un estándar de carga de piezas.	3
	3. No se han definido tiempos asociados al uso de las tinas.	3
	4. La operación depende de la manipulación manual.	2
	5. Genera movimientos adicionales.	3
	TOTAL MAQUINARIA	14
MEDICIÓN	1. No se ha determinado el tiempo estándar por pieza o lote de producción.	5
	2. No se analiza la relación entre cantidad de piezas, trabajadores y tiempo empleado.	4
	3. No existe un indicador de productividad de mano de obra.	3
	4. No se puede identificar la eficiencia real del proceso.	3
	5. No existe una comparación del tiempo esperado y el tiempo ejecutado.	4
	TOTAL MEDICIÓN	19
MEDIO AMBIENTE	1. Interrupciones del personal.	2
	2. Distribución incorrecta en el área.	3
	3. Falta de organización en el flujo de las piezas.	3
	4. No existen zonas definidas para espera y producto procesado.	3
	5. Condiciones del área que dificultan mantener un flujo continuo.	2
	TOTAL MEDIO AMBIENTE	13

Anexo 24. 5S checklist para la evaluación de la situación inicial.

		CHECK LIST PARA EVALUAR LA PROBLEMÁTICA SEGÚN EL ISHIKAWA		
EVALUACIÓN PARA EL TIEMPO ESTÁNDAR EN EL PROCESO DE LACADO		No se cumple	Se cumple parcialmente	Se cumple completamente
Nº	Seiri / Clasificar	(1)	(2)	(3)
1	Las piezas cerámicas se clasifican por modelo y tamaño antes del proceso de lacado.		X	
2	Los recipientes con laca e insumos se encuentran identificados correctamente.		X	
3	El área de lacado se encuentra libre de materiales innecesarios.	X		
4	Las piezas defectuosas poseen un área exclusiva para su almacenamiento temporal.	X		
5	Las herramientas y equipos utilizados se encuentran en buen estado.			X
6	Los materiales sobrantes son retirados oportunamente del área de trabajo.		X	
Seiton / Ordenar				
7	Las tinas de lacado tienen una ubicación definida.		X	
8	Las áreas de lacado, secado y almacenamiento están señalizadas.	X		
9	Las estanterías de secado están identificadas por tipo de producto.	X		
10	Existe un lugar específico para cada herramienta de trabajo.		X	
11	Los pasillos permanecen libres de obstáculos durante la jornada.		X	
12	El flujo de las piezas evita recorridos y movimientos innecesarios.	X		
Seiso / Limpiar				
13	Las tinas de lacado permanecen limpias durante la operación.			X
14	Las mesas de trabajo se limpian diariamente.		X	
15	Las estanterías permanecen libres de residuos de laca.		X	
16	El piso del área permanece limpio y libre de obstáculos.			X
17	Las herramientas se limpian al finalizar la jornada laboral.		X	
18	Los residuos generados durante el lacado son retirados oportunamente.		X	
Seiketsu / Estandarizar				
19	Existe un procedimiento documentado para el proceso de lacado.	X		
20	Los operarios conocen un método estandarizado para realizar el lacado.	X		
21	Se utilizan listas de verificación durante el proceso.	X		
22	Las áreas cuentan con señalización visual estandarizada.		X	
23	Las piezas se identifican por lote durante el secado.		X	
24	Se realizan inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento del proceso.	X		
Shitsuke / Disciplina				
25	El personal utiliza correctamente los equipos de protección personal.		X	
26	Los operarios cumplen el procedimiento establecido sin omitir actividades.	X		
27	Se realizan capacitaciones periódicas sobre el proceso de lacado.	X		
28	Se ejecutan auditorías internas relacionadas con la metodología 5S.	X		
29	Los trabajadores participan proponiendo acciones de mejora.		X	
30	Se mantiene el cumplimiento de las mejoras implementadas.	X		

Anexo 25. Tablas de estandarización para la maceta estándar 40.

Observación	Trabajadores	Lote realizado	Tiempo (min)	Tiempo / pieza (TP=T/Q)	Horas hombre x pieza (HHP=(NxT)/Q)	Productividad (P=Q/T)	Productividad por trabajador	Xi - X	(Xi - X)^2
1	3	150	50	0,333333333	1	3	1	-13	169
2	4	235	65	0,276595745	1,106382979	3,615384615	0,903846154	2	4
3	4	175	65	0,371428571	1,485714286	2,692307692	0,673076923	2	4
4	4	272	65	0,238970588	0,955882353	4,184615385	1,046153846	2	4
5	5	165	70	0,424242424	2,121212121	2,357142857	0,471428571	7	49
									230

TO	63	TN = TO	
N	4	TN = 63 min	
Q	199,4		
s	7,582875444	TE = TN (1 + 0,10)	
CV	12,036%	TE	69,3
Piezas por lote		(199,4/63) * 69,3	219,34

Anexo 26. Tablas de estandarización para la maceta cabo 25.

Observación	Trabajadores	Lote realizado	Tiempo (min)	Tiempo / pieza (TP=T/Q)	Horas hombre x pieza (HHP=(NxT)/Q)	Productividad (P=Q/T)	Productividad por trabajador	Xi - X	(Xi - X)^2
1	4	682	85	0,124633431	0,498533724	8,02352941	2,00588235	22	484
2	4	827	105	0,126964933	0,507859734	7,87619048	1,96904762	42	1764
3	4	361	30	0,083102493	0,332409972	12,0333333	3,00833333	-33	1089
4	4	180	20	0,111111111	0,444444444	9	2,25	-43	1849
5	2	321	40	0,124610592	0,249221184	8,025	4,0125	-23	529
									5715

TO	56	TN = TO	
N	3,6	TN = 56 min	
Q	474,2		
s	37,79880951	TE = TN (1 + 0,10)	
CV	67,498%	TE	61,6
Piezas por lote		(474,2/56) * 61,6	521,62

Anexo 27. 5S checklist situación final.

	CHECK LIST PARA EVALUAR LA PROBLEMÁTICA SEGÚN EL ISHIKAWA			
	EVALUACIÓN DESPUÉS DEL TIEMPO ESTÁNDAR EN EL PROCESO DE LACADO	No se cumple	Se cumple parcialmente	Se cumple completamente
Nº	Seiri / Clasificar	(1)	(2)	(3)
1	Las piezas correspondientes a las referencias estandarizadas se clasifican por modelo y tamaño antes del proceso de lacado.			X
2	Los recipientes con laca e insumos se encuentran identificados correctamente.			X
3	El área de lacado se encuentra libre de materiales innecesarios.		X	
4	Las piezas defectuosas poseen un área exclusiva para su almacenamiento temporal.			X
5	Las herramientas y equipos utilizados se encuentran en buen estado.			X
6	Los materiales sobrantes son retirados oportunamente del área de trabajo.		X	
Nº	Seiton / Ordenar			
7	Las tinas de lacado tienen una ubicación definida según el flujo establecido del proceso.			X
8	Las áreas de lacado, secado y almacenamiento de las referencias estandarizadas cuentan con identificación visual.		X	
9	Las estanterías de secado están identificadas según las referencias estandarizadas.		X	
10	Existe un lugar específico para cada herramienta utilizada en el proceso de lacado.			X
11	Los pasillos permanecen libres de obstáculos durante la jornada laboral.			X
12	El flujo de las piezas evita recorridos y movimientos innecesarios durante el proceso.		X	
Nº	Seiso / Limpiar			
13	Las tinas de lacado permanecen limpias durante la operación.			X
14	Las mesas de trabajo se limpian diariamente según una frecuencia establecida.			X
15	Las estanterías permanecen libres de residuos de laca.		X	
16	El piso del área permanece limpio y libre de obstáculos.			X
17	Las herramientas utilizadas en el lacado cuentan con una rutina definida de limpieza al finalizar la jornada.		X	
18	Los residuos generados durante el lacado son retirados mediante una frecuencia establecida.		X	
Nº	Seiketsu / Estandarizar			
19	Existe un procedimiento documentado para el lacado de las referencias estandarizadas.			X
20	Los operarios conocen un método estandarizado para realizar el lacado.			X
21	Se utilizan formatos de control para verificar el cumplimiento del proceso estandarizado.		X	
22	Las áreas cuentan con señalización visual estandarizada.		X	
23	Las piezas se identifican por lote durante la etapa de secado.		X	
24	Se realizan inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento del proceso establecido.		X	
Nº	Shitsuke / Disciplina			
25	El personal utiliza correctamente los equipos de protección personal durante el proceso.			X
26	Los operarios cumplen el procedimiento establecido sin omitir actividades.		X	
27	Los operarios reciben capacitación sobre el procedimiento estandarizado de lacado.		X	
28	Se establece un formato de auditoría para verificar el cumplimiento de la metodología 5S.		X	
29	Los trabajadores participan proponiendo acciones de mejora en el proceso.		X	
30	Se establece un mecanismo de seguimiento para mantener las mejoras implementadas.		X	

Anexo 28. Proceso estandarizado para la realización del lacado.

		PROCEDIMIENTO ESTANDARIZADO		SOP-LAC-001																																																																		
Operación: Lacado por inmersión		Área: Bodega	Responsable:	Versión: 01																																																																		
1. OBJETIVO Estandarizar el proceso de lacado por inmersión de las macetas para garantizar una impregnación uniforme, reducir defectos y establecer tiempos de ejecución. 2. PRODUCTOS <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Característica</th> <th>Método de lacado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maceta Estándar 40</td> <td>Peso aproximado: 7 kg</td> <td>Lacado individual</td> </tr> <tr> <td>Maceta Cabo 25</td> <td>Peso aproximado: 0,75 kg</td> <td>Lacado en grupos de 4 unidades</td> </tr> </tbody> </table> 3. MATERIALES Y EQUIPOS • Tinas de lacado. • Líquido de lacado. • Macetas previamente preparadas. • Área o superficie de secado. • Elementos de protección personal. 4. PROCEDIMIENTO ESTANDARIZADO <table border="1"> <thead> <tr> <th>N.º</th> <th>Actividad</th> <th>Método estandarizado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Preparar la tina</td> <td>Verificar que contenga la cantidad adecuada de líquido de lacado.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Preparar las macetas</td> <td>Verificar que estén limpias, secas y libres de defectos que afecten el acabado.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Colocar la maceta</td> <td>Estándar 40: colocar una unidad. Cabo 25: colocar cuatro unidades en fila.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Sumergir</td> <td>Introducir completamente la maceta en la tina de lacado.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Realizar movimiento de impregnación</td> <td>Ejecutar un movimiento en zigzag (sigzag) durante la inmersión para favorecer la distribución uniforme del líquido.</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Retirar</td> <td>Extraer la(s) maceta(s) permitiendo el escurrimiento del exceso de líquido.</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Inspeccionar</td> <td>Verificar que la superficie se encuentre completamente impregnada y sin zonas descubiertas.</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Secar</td> <td>Trasladar las macetas al área establecida y colocarlas para su secado.</td> </tr> </tbody> </table> 5. TIEMPO ESTÁNDAR <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Tiempo observado (TN)</th> <th>Suplemento</th> <th>Tiempo estándar (TE)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maceta Estándar 40</td> <td>63 min</td> <td>10 %</td> <td>69,3 min</td> </tr> <tr> <td>Maceta Cabo 25</td> <td>56 min</td> <td>10 %</td> <td>61,6 min</td> </tr> </tbody> </table> Cálculo: $TE = TN \times (1 + 0,10)$ 6. RENDIMIENTO ESTANDARIZADO <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Producción observada (Q)</th> <th>Trabajadores (N)</th> <th>Productividad promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maceta Estándar 40</td> <td>199,4</td> <td>4</td> <td>3,16 piezas/h</td> </tr> <tr> <td>Maceta Cabo 25</td> <td>474,2</td> <td>3,6</td> <td>8,48 piezas/h</td> </tr> </tbody> </table> Nota: En la Maceta Cabo 25 se procesan 4 unidades simultáneamente, mientras que la Maceta Estándar 40 se procesa individualmente. 7. CRITERIOS DE CALIDAD La operación se considera conforme cuando: • La superficie queda completamente impregnada. • No existen zonas sin cobertura. • No se presentan acumulaciones excesivas de líquido. • La maceta mantiene un acabado uniforme. • El producto se coloca correctamente en el área de secado. 8. SEGURIDAD El operario deberá utilizar los EPP establecidos para la manipulación del líquido de lacado, evitar el contacto directo con el producto y mantener el área de trabajo limpia y ventilada. <table border="1"> <tr> <td>Elaborado por:</td> <td>Revisado por:</td> <td>Fecha:</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Producto	Característica	Método de lacado	Maceta Estándar 40	Peso aproximado: 7 kg	Lacado individual	Maceta Cabo 25	Peso aproximado: 0,75 kg	Lacado en grupos de 4 unidades	N.º	Actividad	Método estandarizado	1	Preparar la tina	Verificar que contenga la cantidad adecuada de líquido de lacado.	2	Preparar las macetas	Verificar que estén limpias, secas y libres de defectos que afecten el acabado.	3	Colocar la maceta	Estándar 40: colocar una unidad. Cabo 25: colocar cuatro unidades en fila.	4	Sumergir	Introducir completamente la maceta en la tina de lacado.	5	Realizar movimiento de impregnación	Ejecutar un movimiento en zigzag (sigzag) durante la inmersión para favorecer la distribución uniforme del líquido.	6	Retirar	Extraer la(s) maceta(s) permitiendo el escurrimiento del exceso de líquido.	7	Inspeccionar	Verificar que la superficie se encuentre completamente impregnada y sin zonas descubiertas.	8	Secar	Trasladar las macetas al área establecida y colocarlas para su secado.	Producto	Tiempo observado (TN)	Suplemento	Tiempo estándar (TE)	Maceta Estándar 40	63 min	10 %	69,3 min	Maceta Cabo 25	56 min	10 %	61,6 min	Producto	Producción observada (Q)	Trabajadores (N)	Productividad promedio	Maceta Estándar 40	199,4	4	3,16 piezas/h	Maceta Cabo 25	474,2	3,6	8,48 piezas/h	Elaborado por:	Revisado por:	Fecha:			
Producto	Característica	Método de lacado																																																																				
Maceta Estándar 40	Peso aproximado: 7 kg	Lacado individual																																																																				
Maceta Cabo 25	Peso aproximado: 0,75 kg	Lacado en grupos de 4 unidades																																																																				
N.º	Actividad	Método estandarizado																																																																				
1	Preparar la tina	Verificar que contenga la cantidad adecuada de líquido de lacado.																																																																				
2	Preparar las macetas	Verificar que estén limpias, secas y libres de defectos que afecten el acabado.																																																																				
3	Colocar la maceta	Estándar 40: colocar una unidad. Cabo 25: colocar cuatro unidades en fila.																																																																				
4	Sumergir	Introducir completamente la maceta en la tina de lacado.																																																																				
5	Realizar movimiento de impregnación	Ejecutar un movimiento en zigzag (sigzag) durante la inmersión para favorecer la distribución uniforme del líquido.																																																																				
6	Retirar	Extraer la(s) maceta(s) permitiendo el escurrimiento del exceso de líquido.																																																																				
7	Inspeccionar	Verificar que la superficie se encuentre completamente impregnada y sin zonas descubiertas.																																																																				
8	Secar	Trasladar las macetas al área establecida y colocarlas para su secado.																																																																				
Producto	Tiempo observado (TN)	Suplemento	Tiempo estándar (TE)																																																																			
Maceta Estándar 40	63 min	10 %	69,3 min																																																																			
Maceta Cabo 25	56 min	10 %	61,6 min																																																																			
Producto	Producción observada (Q)	Trabajadores (N)	Productividad promedio																																																																			
Maceta Estándar 40	199,4	4	3,16 piezas/h																																																																			
Maceta Cabo 25	474,2	3,6	8,48 piezas/h																																																																			
Elaborado por:	Revisado por:	Fecha:																																																																				