



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Optimización del proceso productivo en el área de imprenta de una empresa cartonera
mediante Six Sigma para mejorar la calidad y reducir el impacto ambiental.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero/a Industrial

Autores: Angie Patricia Quinteros Salgado

Shubert Francisco Domínguez Ortiz

Tutor: Ing. Alex Guillermo García Pérez

Guayaquil- Ecuador

2025

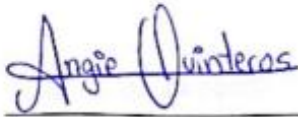
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Angie Patricia Quinteros Salgado con documento de identificación N° 0952040368 y Shubert Francisco Domínguez Ortiz con documento de identificación N° 0951319458; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 14 de enero del año 2025

Atentamente,



Angie Patricia Quinteros Salgado

0952040368



Shubert Francisco Domínguez Ortiz

0951319458

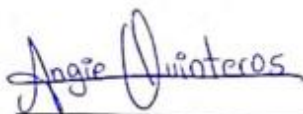
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Angie Patricia Quinteros Salgado con documento de identificación N° 0952040368 y Shubert Francisco Domínguez Ortiz con documento de identificación N° 0951319458, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: "Optimización del proceso productivo en el área de imprenta de una empresa cartonera mediante Six Sigma para mejorar la calidad y reducir el impacto ambiental", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada de ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de enero del año 2025

Atentamente,



Angie Patricia Quinteros Salgado

0952040368



Shubert Francisco Domínguez Ortiz

0951319458

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alex Guillermo García Pérez con documento de identificación N° 0918123605, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE IMPRENTA DE UNA EMPRESA CARTONERA MEDIANTE SIX SIGMA PARA MEJORARLA CALIDAD Y REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL, realizado por Angie Patricia Quinteros Salgado con documento de identificación N° 0952040368 y Shubert Francisco Domínguez Ortiz con documento de identificación N° 0951319458, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de enero del año 2025

Atentamente,



Alex Guillermo García Pérez

0918123605

DEDICATORIA

A mi madre, por ser mi pilar inquebrantable, quien con amor y dedicación me enseñó a creer en mí misma y a luchar por mis sueños. Gracias por tu ejemplo de fortaleza y por cada sacrificio que hiciste para que yo pudiera llegar hasta aquí.

A mi padre, por ser mi guía y fuente de inspiración, por mostrarme el valor del trabajo honesto y por recordarme siempre la importancia de nunca rendirme. Tu apoyo incondicional ha sido fundamental en cada paso de mi vida.

A ustedes, dedico este logro, con gratitud infinita y la promesa de seguir esforzándome para honrar todo lo que han hecho por mí.

Angie Patricia Quinteros Salgado

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mis padres, quienes con su amor incondicional y esfuerzo incansable me han dado las herramientas para alcanzar este logro. Gracias por ser mi guía y ejemplo de perseverancia.

A mis hermanos y familia, por su apoyo constante y por estar a mi lado en los momentos más importantes.

De manera especial, a mi esposa e hijo, quienes son mi mayor motivación. Su amor, paciencia y comprensión han sido mi motor para superar cada obstáculo.

Finalmente, a mis compañeros de Ingeniería Industrial, con quienes compartí aprendizajes y desafíos inolvidables que marcaron mi vida académica.

A todos ustedes, dedico este logro con profunda gratitud.

Shubert Francisco Domínguez Ortiz

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su presencia constante me dio la sabiduría y la paz necesaria para superar los desafíos.

A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por ser mi mayor apoyo en cada etapa de mi vida. Este logro no habría sido posible sin su entrega.

A mi familia, que siempre ha estado a mi lado brindándome palabras de aliento, apoyo incondicional y todo el amor que me ha impulsado a seguir adelante.

A mi compañero de vida y colega, José Guerra, por ser mi apoyo constante. Gracias por tu amor, paciencia y por estar siempre a mi lado, motivándome a dar lo mejor de mí.

A mi tutor, cuya guía y conocimientos fueron indispensables para culminar este proyecto, su apoyo siempre será profundamente valorado.

A mis queridos docentes de la UPS, por todas sus enseñanzas y cariño, gracias por inspirarme a superar mis límites y por ser una parte fundamental en mi formación personal y profesional.

Y, por último, pero no menos importante a mis compañeros, por hacer de esta experiencia un viaje enriquecedor. En especial, a mi compañero Shubert Domínguez, quien no solo fue un aliado en este proyecto, sino también un gran amigo. Este logro también es nuestro.

A todos ustedes, mi gratitud infinita por formar parte de este sueño hecho realidad.

Angie Patricia Quinteros Salgado

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por ser mi fortaleza y guía en cada paso de este camino. Sin su infinita sabiduría y amor, no habría sido posible alcanzar este logro.

A mis padres, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, sus sacrificios y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. A mis hermanos y a toda mi familia, quienes siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo y ánimo constante.

También agradezco a mis compañeros de la carrera de Ingeniería Industrial, con quienes compartí momentos inolvidables y aprendizajes significativos que enriquecieron mi experiencia académica. A todos los docentes que formaron parte de mi formación, gracias por su dedicación y enseñanzas, que fueron clave para mi desarrollo profesional y personal.

Quiero hacer una mención especial al Ingeniero y Docente Alex García, quien, como tutor, me brindó su guía, paciencia y conocimientos para hacer posible este proyecto. Su compromiso y apoyo constante fueron fundamentales para superar cada desafío.

Finalmente, mi mayor agradecimiento es para mi compañera de tesis, Angie Quinteros. Su dedicación, compromiso y apoyo emocional fueron un motor constante para mantenerme enfocado y motivado. Su energía y entusiasmo hicieron de este proyecto una experiencia más llevadera y gratificante. No solo fue una excelente compañera, sino también una gran inspiración en este proceso.

A todos ustedes, gracias por ser parte esencial de este logro.

Shubert Francisco Domínguez Ortiz

Resumen

El presente estudio aborda la optimización del proceso de impresión en una empresa cartonera de Ecuador mediante la implementación de la metodología Six Sigma, con el objetivo de mejorar significativamente la calidad del producto y, a su vez, reducir el impacto ambiental generado por el uso ineficiente de los recursos. En un contexto donde la eficiencia operativa y la sostenibilidad son cada vez más cruciales para la competitividad de las empresas, este proyecto busca ofrecer soluciones integrales que aborden tanto aspectos técnicos como medioambientales.

El enfoque DMAIC se aplica para detectar las principales fuentes de ineficiencia y variabilidad en el proceso productivo, a través de un análisis profundo de las operaciones actuales, se proponen mejoras que permiten reducir considerablemente los desechos y optimizar el uso de materiales, esto no solo implica un ahorro en los costos de producción, sino también un menor impacto ambiental, lo que es crucial para el cumplimiento de regulaciones y la alineación con tendencias globales hacia la producción eco-responsable.

Los cambios implementados no solo benefician a la empresa al mejorar la calidad y la eficiencia de su productividad, sino que también fortalecen su compromiso con la sostenibilidad, esto le permite mejorar su imagen corporativa y su posición en un mercado cada vez más exigente en términos de responsabilidad social y ambiental.

Palabras claves: *Calidad del producto, DMAIC, Optimización de proceso productivo, Eficiencia operativa, Producción, Impacto ambiental*

Abstract

This study addresses the optimization of the printing process in a cardboard company in Ecuador through the implementation of the Six Sigma methodology, with the aim of significantly improving product quality and, in turn, reducing the environmental impact generated by the inefficient use of resources. In a context where operational efficiency and sustainability are increasingly crucial for the competitiveness of companies, this project seeks to offer comprehensive solutions that address both technical and environmental aspects.

The DMAIC approach is applied to detect the main sources of inefficiency and variability in the production process, through an in-depth analysis of current operations, improvements are proposed that allow a considerable reduction in waste and optimize the use of materials, this not only implies savings in production costs, but also a lower environmental impact, which is crucial for compliance with regulations and alignment with global trends towards eco-responsible production.

The changes implemented not only benefit the company by improving the quality and efficiency of its productivity, but also strengthen its commitment to sustainability, allowing it to improve its corporate image and its position in an increasingly demanding market in terms of social and environmental responsibility.

Keywords: *Product quality, DMAIC, Production process optimization, Operational efficiency, Production, Environmental impact.*

Glosario de términos

Optimizar: Consiste en perfeccionar un proceso o sistema para alcanzar la máxima eficiencia y rendimiento posibles utilizando los recursos de manera efectiva (Westreicher, 2022)

Solventes: Es una sustancia, habitualmente en estado líquido, que puede disolver otras sustancias creando una mezcla uniforme. (Álvarez, 2024)

Metodología: Conjunto organizado de métodos y técnicas utilizados para realizar una tarea o proyecto de forma sistemática y eficiente que proporciona una guía clara desde la planificación hasta la evaluación de los resultados. (Equipo editorial, Etecé, 2021)

Industrialización: Es un proceso que marca el cambio económico y social de una sociedad, en el que se traslada de una economía mayoritariamente agrícola a una dominada por la industria y la manufactura. (Equipo editorial, Etecé, 2023)

DMAIC: Es un enfoque metodológico para la mejora continua de procesos, ampliamente empleado en el ámbito de Six Sigma. (Albert, Perez Molina, & Gisbert Soler, 2017)

Mejora continua: Es un proceso dinámico en el que una organización se esfuerza por perfeccionar constantemente sus operaciones, productos o servicios, en lugar de cambios radicales o soluciones repentinas, se centra en realizar mejoras graduales y sistemáticas. (Zambelli, 3)

Impacto ambiental: Se refiere a los cambios que las acciones humanas provocan en el medio ambiente, como la contaminación del aire y del agua, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. (Conversation, 2021)

KPI: Son Indicadores Clave de Desempeño, son herramientas de medición esenciales para evaluar el rendimiento de una empresa, proyecto o proceso. (Indicadores de la gestión logística, s.f.)

Estándares de calidad: Son criterios establecidos para evaluar la calidad de productos, servicios o procesos. (Meny, 2014)

Sostenibilidad: Implica satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de generaciones futuras, equilibrando el desarrollo económico, social y ambiental. (Communications, 2023)

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Glosario de términos.....	IX
Introducción	1
Capítulo I	2
1. Generalidades.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Justificación del problema	4
1.4 Grupo objetivo beneficiado.....	5
1.5 Propuesta de solución	6
1.6 Objetivos	6
1.6.1 Objetivo General	6
1.6.2 Objetivos Específicos.....	7
CAPITULO II	8
2. Marco teórico referencial.....	8
2.1 El impacto de las industrias cartoneras en el Ecuador	8

2.2	Contribución al PIB y al desarrollo industrial.....	9
2.3	Desarrollo industrial.....	10
2.4	Análisis de los procesos productivos en la industria cartonera	10
2.5	Estrategias de planificación y control de la producción.....	12
2.6	Equipos y Maquinarias utilizados en la industria del cartón	13
2.7	Metodología Six Sigma	14
2.7.1	<i>Beneficios de Six sigma en las industrias</i>	<i>14</i>
2.7.2	<i>Herramientas principales de la metodología Six Sigma.....</i>	<i>15</i>
2.8	Aplicación de mejoras continuas en la industria cartonera.....	16
2.9	La competitividad y sostenibilidad de la industria cartonera	17
2.10	Estándares Internacionales de calidad.....	19
2.11	Procedimientos y Pruebas de Control de Calidad	19
2.12	Beneficios de la Implementación de Estándares y Procedimientos.....	20
CAPITULO III.....		21
3.	Marco Metodológico	21
3.1	Enfoque de la Investigación	21
3.1.1	<i>Enfoque Cualitativo</i>	<i>21</i>
3.1.2	<i>Enfoque Cuantitativo.....</i>	<i>22</i>
3.2	Metodología aplicada.....	23
CAPITULO IV		27
4.	Resultados.....	27
4.1	Enfoque Cualitativo	27
4.1.1	<i>Entrevista dirigida al personal operativo de la empresa cartonera</i>	<i>28</i>
4.1.2	<i>Entrevista dirigida al supervisor de la línea de imprenta.....</i>	<i>40</i>
4.2	Enfoque Cuantitativo.....	41

4.2.1	<i>Análisis de datos históricos de la empresa cartonera (2020-2023)</i>	41
4.3	Precisión de dimensiones de los troqueles	44
4.3.1	<i>Variación en las dimensiones internas de la caja</i>	44
4.4	Análisis Causa- Efecto	56
4.4.1	<i>Falencias identificadas en el proceso de troquelado e impresión</i>	74
4.5	Análisis de causa y efecto en el área de imprenta	61
4.5.1	<i>Análisis de Pareto de las principales falencias identificadas en el proceso de impresión</i>	63
4.6	Aplicación de la metodología en las áreas más críticas de la cartonera	64
4.6.1	<i>Mejoras alcanzadas en términos de reducción de desperdicios en el área de troqueles</i> 65	
4.6.2	<i>Mejoras alcanzadas en términos de reducción de desperdicios en el área de imprenta</i> 66	
CAPITULO V		67
5.	Cronograma	67
CAPITULO VI		68
6.	Presupuesto	68
Capitulo VII		69
7.	Conclusión	69
Capitulo VIII		71
8.	Recomendación	71
Referencias		72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Capacitación Recibida	28
Tabla 2. Comprensión de nuevas herramientas y procedimientos.....	29
Tabla 3. Precisión de los troqueles antes y después de las Mejoras Implementadas.....	30
Tabla 4. Problemas de precisión en los troqueles durante la jornada laboral	32
Tabla 5 Condición y calibración de las herramientas y equipos en el área de troqueles	33
Tabla 6. Reducción del desperdicio de material en el proceso tras las mejoras implementadas .	34
Tabla 7. Reducción de la carga de trabajo y eficiencia de la jornada laboral.....	35
Tabla 8. Satisfacción con el proceso actual en cuanto a calidad y precisión	36
Tabla 9. Aspectos por mejorar en el proceso de troquelado	38
Tabla 10. Porcentaje de cumplimiento en la línea de imprenta (2020-2023)	42
Tabla 11. Dimensiones Antes y Después de DMAIC.....	45
Tabla 12. Análisis comparativo antes y después de DMAIC en el largo de las cajas	50
Tabla 13. Análisis comparativo antes y después de DMAIC en el ancho de las cajas	53
Tabla 14. Análisis comparativo antes y después de DMAIC en el ancho de las cajas	55
Tabla 15. Análisis de Pareto de las principales falencias identificadas en el proceso de troquelado	74
Tabla 16. Análisis de Pareto de las principales falencias identificadas en el proceso de impresión	63
Tabla 17. Reducción de desperdicios en el área de troqueles	65
Tabla 18. Reducción de desperdicios en el área de imprenta	66
Tabla 19. Cronograma de Actividades.....	67
Tabla 20. Costos Indirectos.....	68

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 Capacitación Recibida.....	29
Figura 2. Comprensión de nuevas herramientas y procedimientos	30
Figura 3. Precisión de los troqueles antes y después de las mejoras implementadas	31
Figura 4. Frecuencia de problemas en la precisión de los troqueles durante la jornada laboral..	32
Figura 5. Condición y calibración de las herramientas y equipos en el área de troqueles.	33
Figura 6. Reducción del desperdicio de Material en el Proceso.....	34
Figura 7. Reducción de carga de trabajo y eficiencia de la jornada laboral.	35
Figura 8. Satisfacción con el proceso actual en cuanto a calidad y precisión de los troqueles. ..	36
Figura 9. Aspectos Por Mejorar en el proceso de troquelado	38
Figura 10. Nivel de cumplimiento de la línea de imprenta.....	43
Figura 11. Diagrama de Ishikawa de los defectos en la precisión de los troqueles.....	57
Figura 12. Falencias en el Proceso de Troquelado	74
Figura 13. Diagrama de Ishikawa de los defectos en el área de impresión	62
Figura 14. Falacias en el proceso de impresión	63
Figura 15. Reducción de desperdicios en el área de troqueles	65
Figura 16. Reducción de desperdicios en el área de imprenta.....	66

Introducción

En el actual panorama empresarial, la búsqueda de procesos productivos que sean eficientes y sostenibles se ha convertido en una necesidad imperante, las industrias enfrentan el reto de cumplir con una demanda creciente de productos de alta calidad y al mismo tiempo que buscan minimizar su impacto ambiental. Este desafío es especialmente crítico en el sector del cartón, donde la optimización de recursos no solo es fundamental para la reducción de costos, sino también para fomentar prácticas sostenibles.

En este contexto, la metodología Six Sigma se presenta como una herramienta integral y efectiva que ofrece un enfoque sistemático para mejorar la calidad de los procesos, eliminar ineficiencias y reducir variabilidades. Su aplicación no solo mejora los resultados operativos, sino que también alinea los objetivos empresariales con las necesidades medioambientales y regulatorias, convirtiéndose en una solución esencial para las empresas cartoneras que desean mantenerse competitivas en un mercado en constante evolución.

Con esto, se busca no solo incrementar la eficiencia operativa, sino también contribuir a un modelo de producción que responda a las exigencias globales de responsabilidad social y sostenibilidad.

Capítulo I

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

En la actualidad, las industrias enfrentan una creciente presión para optimizar sus procesos productivos, este reto es particularmente relevante en la industria cartonera donde la producción eficiente debe equilibrarse con la minimización del impacto ambiental.

Con el avance de metodologías orientadas a la mejora continua, como Six Sigma, se han logrado avances significativos en diversas industrias para reducir el desperdicio, mejorar la calidad y garantizar la sostenibilidad operativa. Estas metodologías ofrecen un enfoque sistemático para identificar y eliminar las causas de variabilidad en los procesos, permitiendo a las empresas aumentar su competitividad y adaptarse a un entorno empresarial cada vez más exigente.

No obstante, a pesar de los beneficios demostrados en sectores similares, en algunos contextos aún existe una implementación limitada de estas estrategias, lo que impide a las empresas aprovechar todo su potencial para optimizar la eficiencia y reducir su huella ambiental. Este proyecto surge con la intención de aplicar una metodología probada en otras industrias, adaptándola al contexto de una empresa cartonera, buscando no solo contribuir a la mejora de los procesos de impresión, sino también generar un impacto positivo en la industria cartonera, integrando prácticas que promuevan la responsabilidad ambiental sin sacrificar la competitividad empresarial.

1.2 Descripción del problema

La industria cartonera en Ecuador enfrenta desafíos significativos en términos de optimización del proceso productivo especialmente en la línea de imprenta, a pesar de los avances tecnológicos, las empresas se enfrentan a problemas de desperdicio de materiales durante la impresión, lo cual no solo incrementa los costos de producción, sino que también genera un impacto ambiental considerable debido al desecho de cartón y al uso excesivo de tintas y solventes relacionados con la eficiencia operativa, la calidad del producto final y el manejo sostenible de los recursos naturales.

La implementación de la metodología Six Sigma en este contexto permite analizar y evaluar los procesos existentes e identificar las causas raíz de los problemas, aplicar mejoras para reducir la variabilidad y mejorar la calidad del producto final, y finalmente, crear un entorno de producción más eficiente y sostenible.

En 2021, un estudio realizado en una industria de embalaje en India demostró que la implementación de Lean Six Sigma en una empresa de cartón corrugado resultó en una reducción del 62% en los defectos de impresión y una disminución del 35% en el desperdicio de materiales. (Mittal, Gupta, & Kumar, 2023)

Un estudio de caso realizado en Brasil mostró que la implementación de Six Sigma en una empresa de empaque de alimentos, que incluía procesos de impresión en cartón, resultó en una mejora en la calidad del producto y una reducción en los costos operativos.

Estos estudios recientes demuestran que la metodología Six Sigma sigue siendo altamente efectiva para abordar los problemas de calidad, eficiencia y sostenibilidad en la industria cartonera y sectores relacionados. Sin embargo, la aplicación específica de esta metodología en el contexto

ecuatoriano, particularmente en el área de imprenta de empresas cartoneras, aún no ha sido ampliamente estudiada en los últimos años.

Además, se analizará el impacto económico y social de la implementación, considerando factores como la competitividad empresarial, la generación de empleo y el cumplimiento de regulaciones ambientales, a través de un enfoque multidisciplinario que combina ingeniería industrial, gestión de la calidad y sostenibilidad, esta investigación buscará proporcionar recomendaciones prácticas y orientadas a resultados para las empresas cartoneras en Ecuador, con el fin de promover la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad en el sector.

1.3 Justificación del problema

La elevada tasa de desperdicio de recursos como el cartón, las tintas y los solventes no solo conlleva un aumento en los costos de producción, sino que también afecta la competitividad de las empresas, esta situación no solo representa una pérdida considerable de recursos valiosos, sino que también socava la eficiencia operativa, lo que a su vez impacta negativamente en la rentabilidad y la capacidad de innovación.

El impacto ambiental de esta problemática es notable, ya que los desechos generados contribuyen significativamente a la contaminación y al uso insostenible de recursos naturales, en donde la sostenibilidad está adquiriendo una importancia cada vez mayor, las empresas que no adoptan prácticas eco-amigables corren el riesgo de enfrentar sanciones legales, perder clientes y dañar su reputación en el mercado.

Por otro lado, la falta de control de calidad y eficiencia en los procesos productivos resulta en la producción de artículos defectuosos, como impresiones borrosas o desalineadas, que no

cumplen con los estándares exigidos por los clientes, lo que a menudo desencadena devoluciones y la pérdida de contratos comerciales.

Ante estos desafíos, la implementación de la metodología Six Sigma surge como una solución integral que no solo se centra en mejorar la calidad y reducir los costos asociados con el desperdicio, sino que también fomenta un entorno de producción más respetuoso con el medio ambiente; esto beneficia a las empresas no solo en términos de cumplimiento normativo y responsabilidad social, sino también en su competitividad en un mercado cada vez más inclinado hacia la sostenibilidad.

Además, la capacitación del personal en técnicas avanzadas de gestión de calidad y la promoción de una cultura de mejora continua son elementos fundamentales para garantizar la entrega de productos de alta calidad y mantener la excelencia operativa a lo largo del tiempo.

1.4 Grupo objetivo beneficiado

El presente trabajo de investigación beneficiará significativamente a varios grupos claves; Principalmente a la empresa con una mejora sustancial en la calidad de sus productos impresos, lo que aumentará la satisfacción del cliente y fortalecerá su posición en el mercado, además de la identificación y eliminación de desperdicios reducirán los costos operativos y de producción, mejorando la eficiencia y la rentabilidad de la empresa.

Los clientes y consumidores finales se beneficiarán al recibir productos de mayor calidad, con menos defectos, lo que incrementará su satisfacción y fidelidad hacia la empresa.

Por otro lado, los empleados de la empresa se beneficiarán mediante la capacitación en técnicas avanzadas de gestión de calidad y Six Sigma, lo que mejorará sus habilidades profesionales y aumentará su motivación y compromiso con la empresa, la optimización de

procesos también contribuirá a crear un entorno de trabajo más seguro y eficiente, mejorando las condiciones laborales y la satisfacción de los trabajadores.

Finalmente, la comunidad y el medio ambiente se verán positivamente impactados por la reducción de residuos y emisiones contaminantes, resultado de las medidas sostenibles implementadas en el proyecto, esto contribuirá a un entorno más limpio y saludable, fortaleciendo la relación de la empresa con la comunidad local y destacando su responsabilidad social corporativa.

1.5 Propuesta de solución

El proyecto actual tiene como eje central la optimización del proceso productivo en el área de imprenta de una empresa cartonera, con el propósito primordial de elevar la calidad de los productos impresos y reducir su huella ambiental, para llevar a cabo esta labor, se empleará la metodología Six Sigma, reconocida por su eficacia en la mejora continua de procesos industriales, con el fin de identificar, analizar y mitigar las fuentes de variación que inciden tanto en la calidad como en la sostenibilidad ambiental del proceso.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Implementar la metodología Six Sigma en la línea de imprenta de una empresa cartonera en Ecuador con el fin de optimizar su proceso productivo mejorando la calidad y reduciendo el impacto ambiental.

1.6.2 *Objetivos Específicos*

1. Optimizar el proceso productivo mediante el mapeo de procesos y el análisis de datos para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad del producto.
2. Aplicar DMAIC para reducir la variabilidad en la línea de imprenta corrigiendo causas de variación, con el fin de minimizar defectos y mejorar la calidad del producto final.
3. Implementar medidas sostenibles en el proceso productivo para reducir el impacto ambiental, mediante la adopción de prácticas eco-amigables y la optimización de recursos para contribuir al cuidado del medio ambiente y fortalecer el compromiso social de la empresa.

CAPITULO II

2. Marco teórico referencial

2.1 El impacto de las industrias cartoneras en el Ecuador

En los últimos tres años, las industrias cartoneras en Ecuador han tenido un impacto significativo en los ámbitos económico, social y ambiental, este sector ha sido fundamental para la recuperación económica post pandemia, aunque enfrenta importantes desafíos en términos de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial (RSE).

El sector industrial manufacturero, que incluye a las industrias cartoneras, experimentó un crecimiento notable en 2021, con un incremento del 4.3% en comparación con el año anterior, y se proyectó un crecimiento adicional del 2.6% para 2022. (Inicio - CIP - Cámara de Industrias y Producción, 2024). Este crecimiento se debe a un aumento en la producción y demanda de productos de cartón, impulsado por el auge del comercio electrónico y la necesidad de embalajes sostenibles para productos alimenticios, la reactivación de la actividad productiva en 2021 marcó una recuperación significativa después de las pérdidas sufridas en 2020 debido a la pandemia de COVID-19.

La sostenibilidad ha sido un aspecto crucial para las industrias cartoneras en Ecuador, las empresas del sector han adoptado prácticas más responsables en términos ambientales y sociales. Un estudio sobre la RSE en las industrias cartoneras destacó la implementación de medidas para mejorar la gestión de recursos naturales y reducir la huella ambiental, estas medidas incluyen el uso de tecnologías más eficientes, el reciclaje de materiales y la reducción de residuos.

La adopción de dichas prácticas no solo busca minimizar el impacto ambiental negativo, sino también mejorar la imagen corporativa y cumplir con las expectativas de consumidores cada vez más conscientes de la sostenibilidad.

A pesar de los desafíos presentados por la pandemia, el sector de la fabricación de papel y cartón ha mantenido un nivel de actividad relativamente estable en comparación con otros sectores industriales. La demanda de productos cartoneros se ha mantenido robusta, especialmente debido al crecimiento del comercio electrónico y la preferencia por empaques sostenibles, esto ha permitido a las industrias cartoneras contribuir significativamente a la economía nacional, a través de la producción y el empleo

El impacto ambiental de las industrias cartoneras sigue siendo una preocupación significativa, a pesar de los esfuerzos por mejorar las prácticas aún es necesario aumentar la inversión en protección ambiental. La reducción de emisiones, la gestión adecuada de residuos y la eficiencia energética son áreas clave que requieren atención continua, estas industrias cartoneras tienen la responsabilidad de implementar estrategias que minimicen su impacto ambiental, a la vez que continúan contribuyendo al crecimiento económico del país.

2.2 Contribución al PIB y al desarrollo industrial

El sector manufacturero, que abarca a las empresas cartoneras ha demostrado una notable capacidad de recuperación ante los desafíos económicos tanto globales como locales, en 2021 la manufactura constituyó alrededor del 11.6% del PIB ecuatoriano. (Torres et al, 2019). Las empresas cartoneras han sido una parte integral de esta cifra, aumentando la producción de bienes intermedios y finales, esenciales tanto para el consumo interno como para la exportación.

Las empresas cartoneras han desempeñado un papel vital en el incremento de la producción de bienes que son cruciales tanto para el mercado interno como para las exportaciones, contribuyendo significativamente al porcentaje del PIB atribuido al sector manufacturero.

2.3 Desarrollo industrial

El avance industrial en Ecuador ha sido estimulado por una inversión más amplia en tecnología y métodos de producción eficaces en el ámbito cartonero, estas inversiones han posibilitado a las empresas mejorar la excelencia de sus productos y ampliar su capacidad productiva. Asimismo, la integración de estrategias sostenibles ha fortalecido la competitividad de las empresas cartoneras en el mercado global, contribuyendo a consolidar a Ecuador como un proveedor fiable de artículos de cartón y papel.

2.4 Análisis de los procesos productivos en la industria cartonera

El análisis de los procesos productivos en la industria cartonera incluye varias etapas interrelacionadas que van desde la preparación de materias primas hasta el control de calidad final, todo orientado a mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y asegurar un producto sostenible y de alta calidad.

El proceso inicia con la obtención y preparación de las materias primas, donde se emplean fibras de pulpa reciclada o nuevas. Estas fibras se mezclan con agua para crear una base, que luego es refinada para mejorar su resistencia y capacidad de adhesión. Este proceso es fundamental para garantizar que el cartón tenga la estructura adecuada y cumpla con los estándares requeridos en cada aplicación.

La formación de láminas y corrugado, convierte esta mezcla refinada en láminas planas de cartón. Algunas láminas pasan por un proceso adicional de corrugado que les proporciona una estructura ondulada, incrementando así su resistencia y flexibilidad. Esta configuración de capas acanaladas y planas se utiliza principalmente en embalajes, como cajas de transporte, donde la protección y durabilidad del material son esenciales.

El corte y ensamblaje de las láminas de cartón corrugado se cortan y se moldean en formas específicas según el diseño del empaque final. Con herramientas de troquelado y ranurado, se crean pliegues y pestañas que permiten ensamblar el cartón en cajas o estructuras específicas. Además, si se requiere personalización, como logotipos o marcas, se puede aplicar impresión flexográfica directamente sobre las superficies de cartón.

El control de calidad es una fase clave en la producción de cartón, ya que garantiza que el material cumpla con los parámetros de resistencia y durabilidad necesarios. Se realizan pruebas rigurosas para medir el espesor, la resistencia a la ruptura y el nivel de humedad, asegurando que el producto final esté a la altura de las normativas y expectativas del mercado.

Por último, la gestión de residuos y sostenibilidad es fundamental para la industria cartonera, dado el impacto ambiental del sector. Muchas empresas reciclan residuos de producción y tratan el agua utilizada para minimizar su efecto en el entorno. También se incentiva el uso de adhesivos y químicos que sean amigables con el medio ambiente, promoviendo prácticas que contribuyen a una economía circular y responden a las crecientes exigencias de los consumidores y las regulaciones ambientales.

2.5 Estrategias de planificación y control de la producción

Las estrategias de planificación y control de la producción juegan un papel esencial en la optimización de los recursos, el cumplimiento de los estándares de calidad y la puntualidad en la entrega de productos permiten a las empresas adaptarse a las fluctuaciones del mercado y mantener la eficiencia en todas las etapas de producción.

La Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) permite a las empresas calcular de manera precisa qué materiales se necesitan y en qué momentos, optimizando el flujo de producción. Basado en datos sobre demanda, inventarios y tiempos de entrega, el MRP reduce el riesgo tanto de excedente como de falta de materiales, garantizando la continuidad del proceso productivo y evitando sobrecostos.

El sistema Just in Time (JIT), busca minimizar los inventarios y producir solo lo necesario en el momento adecuado. La estrategia JIT reduce costos de almacenamiento y se basa en una coordinación estrecha con los proveedores para recibir materiales justo antes de ser usados. Esto limita los desperdicios y asegura una respuesta rápida a las demandas cambiantes del mercado.

La Planificación y Programación de la Capacidad ayuda a las empresas a ajustar su capacidad de producción según la demanda proyectada, asegurando que los recursos disponibles se utilicen eficientemente. Con esta estrategia, las empresas pueden anticiparse a los cambios de demanda y realizar ajustes para mantener la productividad y evitar tanto la sobrecarga como la subutilización de recursos.

Otra técnica importante es el control de Producción en Tiempo Real (MES) que nos indica que los sistemas de ejecución de manufactura permiten monitorear y ajustar el proceso productivo de manera inmediata. Al brindar datos en tiempo real, estos sistemas facilitan la toma de decisiones

rápidas ante problemas o variaciones, incrementando la visibilidad y el control sobre cada etapa de la producción.

Estas estrategias, adaptadas a las necesidades de cada empresa, permiten mejorar tanto la eficiencia como la sostenibilidad de los procesos productivos. Además, la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0, como el análisis de datos y la inteligencia artificial, está revolucionando la planificación y el control de la producción, proporcionando información detallada y optimizando la toma de decisiones en tiempo real para maximizar la eficiencia y reducir costos.

2.6 Equipos y Maquinarias utilizados en la industria del cartón

En la industria del cartón, el uso de maquinaria especializada es fundamental para garantizar un proceso de producción eficiente y de alta calidad, especialmente en sectores como el embalaje. Las máquinas corrugadoras, por ejemplo, desempeñan un rol crucial al transformar el papel en cartón corrugado, creando ondas o flautas en el papel que incrementan su resistencia y capacidad de absorción de impactos, esto resulta esencial para productos que requieren protección en el transporte.

Las prensas y cortadoras son también elementos clave; permiten troquelar y dar forma a las láminas de cartón, asegurando cortes precisos y adaptados a las especificaciones del cliente. La automatización en estas máquinas reduce errores y desperdicios, permitiendo una mayor uniformidad en el producto final.

Además, las laminadoras y pegadoras aportan una capa adicional de resistencia, especialmente útil en productos que deben soportar condiciones de humedad o presión. Estas

máquinas aplican capas de adhesivo entre las láminas de cartón para garantizar un material más robusto y duradero.

Por último, las máquinas de troquelado destacan por su capacidad para realizar cortes y perforaciones detalladas en el cartón, permitiendo una personalización del embalaje. Gracias a los troqueles, es posible producir formas específicas que se ajustan a productos particulares, mejorando tanto el aspecto funcional como estético del embalaje.

En conjunto, estos equipos no solo optimizan el proceso productivo, sino que también facilitan una operación sostenible y rentable, adaptándose a las necesidades del mercado y reduciendo el impacto ambiental.

2.7 Metodología Six Sigma

Six Sigma, una estrategia de excelencia en gestión, se enfoca en la optimización de la calidad del proceso y la minimización de la variabilidad a través de la aplicación de herramientas estadísticas y análisis de datos.

Originada por Motorola en los años 80 y ampliamente difundida por General Electric en los 90, su principal objetivo radica en la disminución de defectos a niveles inferiores a 3.4 por millón de oportunidades. (Basu & Wright, 2012)

2.7.1 Beneficios de Six sigma en las industrias

Esta metodología ofrece numerosos beneficios a las industrias, como la disminución de desperdicios y defectos, ya que facilita la identificación y eliminación de estos en los procesos, elevando así la calidad del producto final y reduciendo costos relacionados con el retrabajo y la eliminación de desperdicios, además, al asegurar una calidad constante del producto incrementa la

satisfacción del cliente, como lo demuestra el caso de General Electric, que mejoró significativamente la calidad de sus productos y servicios, aumentando la lealtad y satisfacción del cliente. Asimismo, la implementación de Six Sigma optimiza procesos, reduce tiempos de ciclo y disminuye costos operativos, con Motorola habiendo ahorrado más de 17 mil millones de dólares al aplicar esta metodología para mejorar sus procesos de manufactura. Por último, Six Sigma mejora la capacidad de los procesos para cumplir con las especificaciones de manera consistente, manteniendo altos estándares y satisfaciendo las expectativas del cliente.

2.7.2 Herramientas principales de la metodología Six Sigma

La metodología Six Sigma incorpora diversas herramientas y técnicas con el propósito de mejorar los procesos y reducir la variabilidad en la calidad de los productos y servicios.

- Mapeo de Flujo: Esta herramienta visual facilita el análisis de los flujos de valor de un proceso, permitiendo la identificación de ineficiencias y puntos críticos.
- Diagrama de Pareto: Empleado para determinar las causas principales de un problema, este gráfico presenta la frecuencia de los problemas en orden descendente.
- Diagrama de Ishikawa: Conocido también como Diagrama de Causa y Efecto, esta herramienta ayuda a identificar y clasificar las causas principales de un problema, al categorizar las causas, facilita el análisis de la causa raíz, lo que a su vez posibilita la implementación de soluciones efectivas.
- Kaizen: Implica la participación de todos los miembros del equipo en la identificación constante de oportunidades de mejora, lo que contribuye a una cultura organizacional orientada hacia la excelencia operativa.

- Poka-Yoke: Una técnica diseñada para prevenir errores humanos mediante la implementación de medidas que dificulten cometer errores.
- Control Estadístico de Procesos: Esta técnica se emplea para monitorear y controlar la variabilidad en los procesos a lo largo del tiempo, utilizando gráficos de control, se pueden detectar desviaciones y mantener el proceso bajo control, lo que asegura la consistencia en la calidad del producto o servicio.
- Prueba de Hipótesis: Herramienta estadística utilizada para validar o refutar hipótesis sobre el impacto de ciertas causas en los efectos observados en los procesos.

Estas herramientas desempeñan un papel crucial en las diferentes fases de Six Sigma, especialmente dentro del marco DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que orienta la mejora continua y la resolución de problemas en los procesos.

2.8 Aplicación de mejoras continuas en la industria cartonera

En los últimos años, las empresas cartoneras en Ecuador han introducido diversas mejoras continuas para optimizar sus procesos y aumentar la eficiencia operativa.

Han adoptado principios de lean manufacturing y Kaizen para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en sus procesos productivos, Kaizen que implica la participación de todos los empleados en la identificación y resolución de problemas operativos, ha sido fundamental para mejorar la calidad del producto y reducir los costos operativos.

La implementación de Six Sigma ha permitido a las empresas utilizar análisis estadísticos para identificar y eliminar defectos en los procesos de producción, esta metodología, a través de herramientas como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), ha ayudado a

aumentar la precisión y la calidad de los productos de cartón. Algunas empresas han adoptado la Teoría de las Restricciones (TOC) para identificar y eliminar cuellos de botella en sus procesos, maximizando el rendimiento de los recursos y aumentando la eficiencia operativa.

La Gestión Total de la Calidad (TQM) se enfoca en mejorar todos los aspectos de los procesos internos para cumplir con las expectativas de los clientes, promoviendo una cultura de calidad y eficiencia a través de la participación de todos los niveles de la organización.

Herramientas como el Análisis de Causa Raíz y la Metodología de los 5 Porqués se utilizan para identificar y resolver problemas subyacentes en los procesos de producción, previniendo su recurrencia y manteniendo la calidad y la eficiencia.

Además, la adopción de herramientas digitales y la automatización de procesos han sido fundamentales para las mejoras continuas en la industria cartonera, estas tecnologías permiten una gestión más eficiente de las tareas, el registro de desviaciones y la implementación de medidas correctivas de manera más rápida y efectiva han permitido mejorar significativamente sus operaciones, aumentar la calidad del producto y reducir costos y tiempos de producción.

2.9 La competitividad y sostenibilidad de la industria cartonera

En la industria cartonera, la competitividad y la sostenibilidad son dos factores clave que determinan el éxito de las empresas en un mercado cada vez más exigente. Para mantenerse competitivas, las empresas deben adoptar tecnologías avanzadas que optimicen sus procesos productivos. Esto incluye la automatización, que permite mejorar la eficiencia, reducir errores y disminuir los costos operativos, lo que a su vez incrementa la capacidad de producción y la calidad del cartón (Redalyc, 2023). Además, la automatización facilita la adaptación a las nuevas

demandas del mercado, garantizando tiempos de respuesta más rápidos y productos personalizados.

En términos de sostenibilidad, la industria cartonera ha logrado grandes avances mediante el uso de materiales reciclados, lo cual no solo reduce la dependencia de recursos naturales, sino que también disminuye el impacto ambiental. La adopción de prácticas como la optimización del diseño de empaques para reducir el uso de materiales y mejorar la eficiencia del transporte también contribuye a una reducción significativa de las emisiones de CO₂ (Redalyc, 2023). Esto se enmarca en un modelo de economía circular, donde se busca maximizar la reutilización y reciclaje de los materiales a lo largo de su ciclo de vida.

La sostenibilidad, además, no solo responde a las regulaciones ambientales cada vez más estrictas, sino también a las expectativas de los consumidores, que demandan productos responsables con el medio ambiente. En este contexto, las empresas cartoneras que logran equilibrar la competitividad mediante la innovación tecnológica con la sostenibilidad a través de prácticas ecológicas tienen mayores posibilidades de posicionarse de manera favorable en el mercado global (Journal of Cleaner Production, 2023).

En resumen, la competitividad y la sostenibilidad en la industria del cartón son fundamentales para asegurar una producción eficiente y responsable. Las empresas que implementan tecnologías innovadoras y prácticas sostenibles no solo mejoran su rentabilidad, sino que también cumplen con las expectativas de un mercado cada vez más consciente de la necesidad de cuidar el medio ambiente.

2.10 Estándares Internacionales de calidad

En Ecuador, las empresas cartoneras deben seguir varios estándares de calidad para garantizar que sus productos cumplan con las expectativas y requisitos del mercado, estos estándares abarcan tanto normativas internacionales como procedimientos específicos de control de calidad aplicados en la producción de cartón corrugado.

- **ISO 9001:** Este estándar define los criterios para un sistema de gestión de calidad (SGC), enfocándose en la eficiencia y eficacia de los procesos de producción, la certificación ISO 9001 asegura que una empresa puede proporcionar productos y servicios que consistentemente cumplen con los requisitos del cliente y las regulaciones legales.
- **ISO 14001:** Relacionado con la gestión ambiental, este estándar garantiza que las empresas adopten prácticas sostenibles y minimicen su impacto ambiental, es esencial para las cartoneras que buscan destacar por sus prácticas ecológicas y mejorar su reputación ambiental.
- **ISO 31000:** Este estándar de gestión de riesgos ayuda a las empresas a identificar, evaluar y mitigar riesgos en sus procesos operativos, asegurando la continuidad del negocio y la calidad del producto final.

2.11 Procedimientos y Pruebas de Control de Calidad

Los procedimientos y pruebas de control de calidad son esenciales para garantizar la resistencia y durabilidad del producto. las pruebas de resistencia y durabilidad, que incluyen compresión y aplastamiento, aseguran que el cartón pueda soportar el peso y las condiciones de transporte sin deformarse o romperse. Por otro lado, control de humedad es otro aspecto crucial,

ya que mantener niveles adecuados de humedad en el cartón evita daños durante el almacenamiento y transporte.

Las pruebas de uniformidad son fundamentales para asegurar que el cartón tenga una superficie uniforme y adecuada para la impresión, esto es esencial para el branding y la apariencia del producto final, donde la consistencia en el color y la calidad de impresión son aspectos críticos que se evalúan regularmente.

Además, las pruebas de fricción y coeficiente de deslizamiento determinan cómo interactúa la superficie del cartón con otros materiales, esto es vital para el empaquetado y manejo eficiente en la cadena de suministro, asegurando que los productos se puedan mover y almacenar sin problemas.

2.12 Beneficios de la Implementación de Estándares y Procedimientos

Implementar y mantener estos estándares y procedimientos no solo asegura la calidad del producto final, sino que también mejora la eficiencia operativa y reduce costos al minimizar errores y desperdicios en la producción, además cumplir con estos estándares permite a las empresas cartoneras ecuatorianas mantenerse competitivas en mercados internacionales y satisfacer las expectativas de clientes globales.

Esta adherencia a estándares rigurosos también facilita el acceso a nuevas oportunidades de mercado y refuerza la confianza de los clientes en la calidad y sostenibilidad de los productos ofrecidos

CAPITULO III

3. Marco Metodológico

3.1 Enfoque de la Investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, combinando tanto el enfoque cualitativo como el cuantitativo. Esta combinación permite obtener una comprensión más completa del problema a estudiar y de las soluciones a implementar.

3.1.1 *Enfoque Cualitativo*

El enfoque cualitativo en esta investigación tiene como objetivo explorar y comprender los factores subyacentes que afectan la eficiencia del proceso productivo, así como los comportamientos y percepciones del personal involucrado en dicho proceso. Este enfoque es particularmente útil para obtener información rica y profunda sobre las dinámicas internas de la empresa, las interacciones entre los trabajadores y los factores organizacionales que pueden influir en la adopción de nuevas metodologías como Six Sigma.

- **Entrevistas semiestructuradas:** Se llevarán a cabo entrevistas con los principales actores dentro de la empresa, incluidos los operarios de la línea de impresión, los supervisores y el equipo directivo. Estas entrevistas permitirán identificar los desafíos operativos, las percepciones del personal sobre el proceso actual y las oportunidades percibidas para mejorar la calidad del producto.
- **Observación participativa:** Se realizarán visitas regulares a la planta de producción para observar directamente las operaciones diarias en la línea de impresión. Durante estas observaciones, se registrarán las ineficiencias en tiempo real, las dificultades operativas y las áreas donde se detecta un mayor desperdicio

de materiales. Además, se tomarán notas sobre el entorno laboral, la cooperación entre los trabajadores y el manejo de las máquinas.

- **Grupos focales:** A través de grupos focales con operarios y supervisores, se explorarán las posibles resistencias o apoyos que pueda generar la implementación de Six Sigma. Esta técnica permite generar una discusión grupal que puede arrojar perspectivas diversas sobre cómo se percibe el proceso actual y las mejoras que se proponen.

El enfoque cualitativo, por lo tanto, no solo aporta datos sobre las percepciones humanas, sino también información valiosa para personalizar las soluciones de Six Sigma a las realidades específicas de la planta.

3.1.2 Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos que permitan evaluar de manera objetiva la eficiencia del proceso productivo y la calidad de los productos finales. Este enfoque es esencial para medir el rendimiento antes y después de la implementación de las mejoras basadas en Six Sigma, así como para cuantificar el impacto de las intervenciones en términos de reducción de defectos, disminución del desperdicio de materiales y mejoras en los tiempos de producción.

- **Recolección de datos históricos:** Se recopilarán datos previos sobre el rendimiento del proceso productivo, tales como el porcentaje de productos defectuosos. Estos datos serán esenciales para establecer una línea base sobre la cual se medirá la mejora.

- **Análisis de Pareto:** Esta herramienta ayudará a identificar las principales causas de los defectos y las ineficiencias en el proceso. El principio de Pareto (80/20) sugiere que el 80% de los problemas suelen deberse al 20% de las causas. Este análisis permitirá enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas que generen mayor impacto.

Este enfoque cuantitativo garantiza que las mejoras se basen en datos objetivos y medibles, lo que es fundamental para la toma de decisiones en el contexto de la metodología Six Sigma.

3.2 Metodología aplicada

El presente trabajo busca mejorar el proceso de troquelado en una empresa cartonera utilizando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Esta metodología, parte del enfoque Six Sigma, es ideal para identificar y eliminar defectos en procesos de manufactura, optimizando así la calidad del producto final y minimizando impactos ambientales.

Se utilizará una variable de calidad que nos permitirá medir con precisión las dimensiones de los troqueles, lo cual nos ayudará a saber cuán exactas son las dimensiones finales en comparación con las especificaciones establecidas. La precisión de las dimensiones es crucial para garantizar que los productos de cartón encajen correctamente y cumplan con los estándares de calidad.

A continuación, se detallan los pasos de la metodología que se aplicará específicamente al área de troqueles.

a) Definir

En esta fase, nos centraremos en definir claramente el problema relacionado con la precisión de las dimensiones de los troqueles identificando si los que productos finales cumplen o no cumplen con las especificaciones dimensionales requeridas, lo que resulta en defectos y retrabajos. Esto no solo afecta la eficiencia del proceso, sino que también compromete la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

Se establecerán objetivos claros para reducir la variabilidad dimensional y mejorar la calidad del producto final, delimitando el alcance del proceso de troquelado, incluyendo las máquinas, herramientas, materiales y personal involucrados.

b) Medir

Se recopilará datos cuantitativos sobre la precisión actual de las dimensiones de los troqueles estableciendo una línea base para la precisión dimensional mediante la medición de las dimensiones reales de los troqueles producidos, comparándolas con las especificaciones establecidas utilizando instrumentos de medición de alta precisión, como micrómetros y vernieres.

Además, se registrará el número de productos defectuosos resultantes de dimensiones incorrectas, estos datos serán fundamentales para cuantificar el grado de variabilidad presente en el proceso actual.

c) Analizar

Llevaremos a cabo un análisis profundo para identificar las causas raíz de las variaciones en la precisión de las dimensiones de los troqueles utilizando herramientas de análisis de causa y efecto, como el diagrama de Ishikawa, para explorar factores como el desgaste de herramientas,

errores en la configuración de las máquinas, inconsistencias en los materiales y falta de capacitación del personal.

El análisis de datos nos ayudará a identificar patrones o tendencias que puedan estar contribuyendo a los errores de medición.

d) Mejorar

Se Implementará soluciones específicas para abordar las causas raíz identificadas y mejorar la precisión de las dimensiones de los troqueles estableciendo un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de troquelado, garantizando que estas se mantengan en condiciones óptimas para minimizar el desgaste y las fallas. Además, se implementará un proceso de calibración regular para los instrumentos de medición y herramientas, asegurando que todos los equipos de medición estén correctamente calibrados.

Estas acciones se implementarán inicialmente a través de pruebas piloto para evaluar su efectividad y realizar ajustes según sea necesario.

e) Controlar

Finalmente, se establecerán procedimientos y herramientas para garantizar que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo utilizando mediciones regulares para asegurar el cumplimiento de los procedimientos estándar documentando todas las mejoras y procedimientos en un manual de operaciones que servirá como referencia para el personal.

Esta metodología de manera estructurada y rigurosa permitirá a la empresa mejorar significativamente la precisión de las dimensiones de los troqueles, reduciendo así los defectos y

mejorando la calidad del producto final. Esto no solo optimizará el proceso de producción, sino que también aumentará la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado.

CAPITULO IV

4. Resultados

El presente capítulo expone los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología Six Sigma en el área de troqueles de la línea de imprenta de una empresa cartonera. A través de un análisis estructurado y riguroso basado en el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), se logró identificar las principales causas de variabilidad en el proceso, implementar soluciones específicas y evaluar su impacto en la calidad del producto, la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

En esta sección se presentan los hallazgos cuantitativos y cualitativos, incluyendo la mejora en la precisión de los troqueles, la reducción de productos defectuosos y el desperdicio de materiales. Además, se analiza cómo las intervenciones realizadas influyeron en la percepción del personal, el ambiente de trabajo y la alineación con los objetivos estratégicos de sostenibilidad. Los resultados aquí descritos destacan el impacto positivo de las mejoras implementadas y proporcionan una base sólida para futuras optimizaciones en la línea de producción.

4.1 Enfoque Cualitativo

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas al personal operativo y al supervisor del área de troqueles de la línea de imprenta de la empresa cartonera. Dichas entrevistas fueron diseñadas con el propósito de analizar el impacto de las mejoras implementadas mediante la metodología Six Sigma, así como de identificar percepciones, experiencias y posibles áreas de mejora desde la perspectiva de los involucrados en el proceso productivo.

El enfoque cualitativo permite explorar aspectos fundamentales como la efectividad de la capacitación ofrecida, los cambios percibidos en la precisión de los troqueles y las dificultades que aún persisten en la operación diaria.

Los resultados obtenidos proporcionan una visión integral que complementa los análisis cuantitativos, ayudando a entender cómo las mejoras implementadas han influido en la calidad del producto, la eficiencia del proceso y el entorno laboral.

4.1.1 Entrevista dirigida al personal operativo de la empresa cartonera

1. ¿Recibió capacitación específica sobre la metodología Six Sigma y las mejoras implementadas en el área de troqueles?

Tabla 1 Capacitación Recibida

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos de la primera pregunta de la encuesta realizada a los operadores

Figura 1 Capacitación Recibida

Nota. Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la encuesta aplicada a los trabajadores

Análisis

La tabla y grafica muestran que la mayoría de los trabajadores (90%) afirma haber recibido capacitación completa sobre la metodología Six Sigma, lo que refleja un esfuerzo considerable por las partes involucradas para preparar al personal en las mejoras implementadas. Sin embargo, el 10% indica no haber recibido la capacitación por diferentes temas que no pudieron estar presente.

2. ¿Considera que la capacitación que recibió fue suficiente para comprender y operar con las nuevas herramientas o procedimientos?

Tabla 2. Comprensión de nuevas herramientas y procedimientos

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Si fue suficiente	10	100%
No fue suficiente	0	0%
Total	10	100%

Nota. Resultados de la encuesta sobre la comprensión de nuevas herramientas y procedimientos

Figura 2. Comprensión de nuevas herramientas y procedimientos

Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la segunda pregunta realizada a los operadores

Análisis

El 100% de los encuestados considera que la capacitación fue suficiente, lo cual refleja que el proceso de entrenamiento cumplió con las expectativas de los participantes. Este resultado sugiere que la información proporcionada no solo fue clara y comprensible, sino que también fue presentada de manera estructurada y adaptada a las necesidades

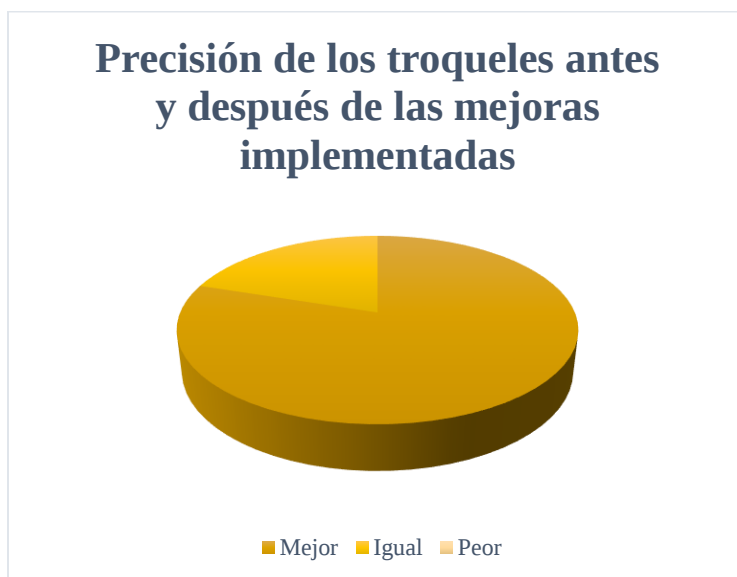
3. ¿Cómo calificaría la precisión actual de los troqueles en comparación con antes de la implementación de las mejoras?

Tabla 3. Precisión de los troqueles antes y después de las Mejoras Implementadas

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Mejor	8	80%
Igual	2	20%
Peor	0	0%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre las mejoras implementadas

Figura 3. Precisión de los troqueles antes y después de las mejoras implementadas



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la tercera pregunta realizada a los operadores

Análisis

El 80% de los trabajadores considera que la precisión de los troqueles es "mejor", mientras que el 20% la califica como "igual". Esto confirma que las mejoras implementadas han tenido un impacto significativo en la precisión de los procesos. Sin embargo, aún se reportan percepciones negativas que aún se deben de corregir para llegar a optimizar aún más los procesos y alcanzar la excelencia operativa.

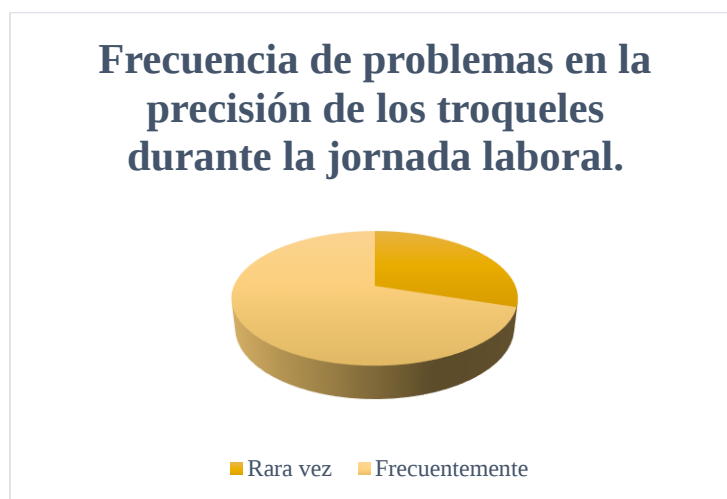
4. ¿Con qué frecuencia enfrenta problemas de precisión en los troqueles durante su jornada laboral?

Tabla 4. Problemas de precisión en los troqueles durante la jornada laboral

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Rara vez	3	30%
Frecuentemente	7	70%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre la frecuencia con la que se presentan problemas durante la jornada laboral

Figura 4. Frecuencia de problemas en la precisión de los troqueles durante la jornada laboral



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la cuarta pregunta.

Análisis

Los resultados muestran que frecuentemente se presentan problemas en las jornadas laborales y que todavía existen áreas donde los ajustes deben ser necesarios.

5. ¿Las herramientas y equipos disponibles en el área de troqueles están correctamente calibrados y en buen estado?

Tabla 5 Condición y calibración de las herramientas y equipos en el área de troqueles

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Generalmente	8	80%
Rara vez	2	20%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre la calibración y buen estado de los equipos

Figura 5. Condición y calibración de las herramientas y equipos en el área de troqueles.



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la quinta pregunta.

Análisis

El 80% de los trabajadores considera que las herramientas y equipos están generalmente en buen estado y calibrados. Sin embargo, el 20% que indica problemas es una señal de alerta, ya que incluso pequeñas inconsistencias pueden generar variaciones en los resultados de producción.

6. ¿Considera que las mejoras implementadas han reducido el desperdicio de material en el proceso?

Tabla 6. Reducción del desperdicio de material en el proceso tras las mejoras implementadas

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Si, significativamente	7	70%
Si, pero no lo suficiente	3	30%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre la reducción del desperdicio de material en el proceso tras las mejoras implementadas.

Figura 6. Reducción del desperdicio de Material en el Proceso.



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la sexta pregunta.

Análisis

Aunque el 70% de los encuestados percibe una reducción significativa en el desperdicio, el 30% indica que esta disminución, aunque presente, no ha sido suficiente. Este resultado implica que, si bien las mejoras han sido efectivas en cierta medida, la empresa todavía enfrenta desafíos para optimizar completamente la gestión de los materiales.

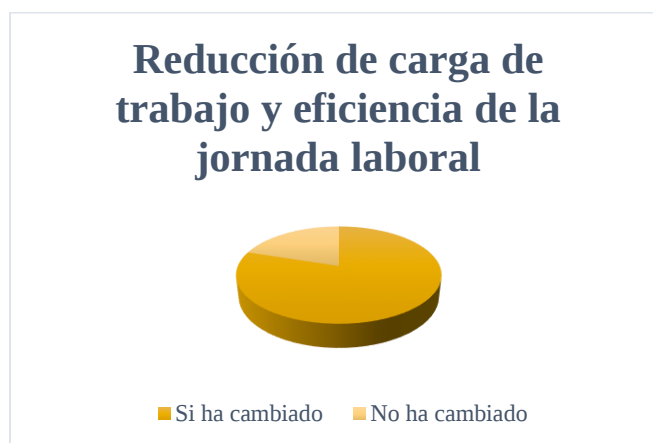
7. ¿Cree que las mejoras implementadas han reducido su carga de trabajo o hecho más eficiente su jornada laboral?

Tabla 7. Reducción de la carga de trabajo y eficiencia de la jornada laboral.

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Si ha cambiado	8	80%
No ha cambiado	2	20%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre la reducción de carga de trabajo tras las mejoras implementadas.

Figura 7. Reducción de carga de trabajo y eficiencia de la jornada laboral.



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la séptima pregunta.

Análisis

Los resultados que el 80% considera que las mejoras han sido significativamente efectivas, el 20% opina que no existen cambio. Este hallazgo sugiere que la distribución de los beneficios de las mejoras no ha sido uniforme entre los trabajadores, lo que podría estar relacionado con diferencias en las tareas asignadas o en la percepción individual de los cambios.

8. ¿Qué tan satisfecho se siente con el proceso actual en términos de calidad y precisión de los troqueles?

Tabla 8. Satisfacción con el proceso actual en cuanto a calidad y precisión

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Satisfecho	9	90%
Neutral	1	10%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre el proceso actual en términos de calidad y precisión

Figura 8. Satisfacción con el proceso actual en cuanto a calidad y precisión de los troqueles.



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la octava pregunta.

Análisis

Los resultados indican un alto nivel de satisfacción con el proceso actual de producción de troqueles. Sin embargo, es importante continuar monitoreando el proceso y realizar mejoras incrementales para garantizar la satisfacción total de todos los usuarios.

9. En su opinión, ¿qué aspectos del proceso de troquelado podrían mejorarse aún más?

En relación con la pregunta las respuestas proporcionadas por los participantes revelan una diversidad de perspectivas enfocadas en áreas clave del proceso. De manera general, se identificaron las siguientes tendencias:

- a) **Mantenimiento de los troqueles:** Varias opiniones destacaron la importancia de realizar un mantenimiento preventivo más frecuente, mejorando la lubricación y reemplazando los materiales desgastados con mayor rapidez.
- b) **Eficiencia operativa:** Los encuestados mencionaron la necesidad de reducir los tiempos de ajuste de las máquinas y automatizar ciertas etapas del proceso. Además, algunos propusieron cambios en el diseño de los troqueles para aumentar su versatilidad
- c) **Capacitación y control de calidad:** La capacitación de los operarios y un mayor control de calidad en las piezas terminadas fueron mencionados como elementos esenciales para mejorar los resultados del proceso.
- d) **Condiciones del proceso:** Se abordaron también aspectos como la reducción del ruido generado durante el troquelado, lo que evidencia una preocupación por las condiciones de trabajo y el impacto en el entorno laboral.

En resumen, los participantes identificaron tanto mejoras técnicas como operativas, subrayando la necesidad de un enfoque integral que abarque mantenimiento, capacitación, eficiencia y bienestar laboral. Este análisis proporciona una visión general que puede orientar la planificación de futuras iniciativas de mejora en el proceso de troquelado.

Tabla 9. Aspectos por mejorar en el proceso de troquelado

Indicador	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Mantenimiento de los troqueles	4	40%
Eficiencia Operativa	3	30%
Capacitación y control de calidad	2	20%
Condiciones del proceso	1	10%
Total	10	100%

Nota. Resultados obtenidos sobre los aspectos por mejorar en el proceso actual de troquelado

Figura 9. Aspectos Por Mejorar en el proceso de troquelado



Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos en la novena pregunta.

10. ¿Hay algún comentario adicional que desee compartir sobre las mejoras implementadas o las condiciones actuales en el área de troqueles?

Con base en las opiniones recopiladas, se observa que la mayoría de los encuestados coincidieron en destacar los siguientes puntos relacionados con las mejoras implementadas y las condiciones actuales en el área de troqueles:

- a) **Apreciación por las mejoras:** Una parte significativa de los participantes mencionó que las mejoras recientes han contribuido positivamente al proceso. Comentarios como *"las condiciones actuales son mejores que antes"* o *"se nota un cambio en la productividad y calidad de las piezas"* fueron recurrentes, mostrando satisfacción general con los esfuerzos realizados.
- b) **Sugerencias para mayor atención:** Algunos encuestados señalaron que, aunque las mejoras son notables, todavía existen aspectos que podrían perfeccionarse, como la comunicación entre áreas, la capacitación continua y el seguimiento de las innovaciones tecnológicas aplicadas.
- c) **Condiciones laborales:** Se enfatizó la importancia de mantener un ambiente de trabajo seguro y cómodo, destacando que *"el ruido y la ergonomía siguen siendo áreas que trabajar"* para garantizar el bienestar del personal.
- d) **Reconocimiento al equipo humano:** Varias respuestas resaltaron el compromiso del personal en adaptarse a los cambios implementados, subrayando frases como *"el equipo ha sido clave para el éxito de estas mejoras"*.

En términos generales, las respuestas reflejan una percepción positiva sobre las mejoras implementadas en el área de troqueles, aunque se identifican oportunidades para continuar fortaleciendo tanto las condiciones laborales como la capacitación y la comunicación interna.

4.1.2 Entrevista dirigida al supervisor de la línea de imprenta.

a) ¿Cuáles son los principales problemas que ha identificado en la línea de imprenta en términos de producción y calidad?

Uno de los problemas más frecuentes es el tiempo de inactividad causado por fallas en las máquinas. Esto afecta tanto la producción como la calidad, ya que los ajustes no siempre se realizan de manera óptima. Además, hay variabilidad en la precisión de los troqueles, lo que raramente ocasiona devoluciones por parte de los clientes.

b) ¿Cómo ha cambiado la productividad de la línea de imprenta después de las mejoras implementadas con la metodología Six Sigma?

Hemos observado un aumento en la productividad, ya que el tiempo de ciclo por producto se ha reducido. Además, la cantidad de productos defectuosos disminuyó notablemente, lo que nos permitió cumplir con los pedidos en menos tiempo y con mayor precisión.

c) ¿Cómo evalúa la comunicación y el trabajo en equipo entre los operarios y el personal de mantenimiento?

La comunicación ha mejorado, especialmente desde que comenzamos a realizar reuniones regulares para revisar problemas recurrentes. Sin embargo, aún hay margen para mejorar la coordinación cuando ocurren fallos inesperados en las máquinas.

d) ¿Considera que los equipos y herramientas actuales son suficientes para alcanzar los objetivos de producción?

En general, las herramientas actuales cumplen con los estándares, pero sería ideal contar con equipos más modernos o con mayor automatización para reducir los tiempos de configuración y mejorar la precisión de los troqueles.

e) Desde su perspectiva, ¿qué acciones serían necesarias para mantener o mejorar aún más la eficiencia de la línea de imprenta?

Es fundamental implementar un programa de mantenimiento preventivo más riguroso para evitar paros inesperados. También recomendaría ampliar la capacitación del personal en el manejo de las herramientas y en el diagnóstico de problemas técnicos para que puedan resolverlos rápidamente.

4.2 Enfoque Cuantitativo

4.2.1 Análisis de datos históricos de la empresa cartonera (2020-2023)

En los últimos cuatro años, la línea de impresión de la empresa ha mostrado una tendencia decreciente en el cumplimiento de las metas de producción establecidas. Estos datos nos permiten identificar los principales retos operativos y los factores que han incidido en el rendimiento del proceso productivo.

En 2020, la línea de impresión alcanzó una producción anual de 5,200,000 unidades de cajas, principalmente destinadas a la exportación de banano, frente a una meta programada de 5,500,000 unidades. Esto representó un cumplimiento del 94%, evidenciando un rendimiento eficiente con un margen mínimo de desviación respecto a las metas establecidas.

En 2021, como resultado de cambios en la demanda del mercado y restricciones logísticas provocadas por factores externos, la producción disminuyó a 4,800,000 unidades, lo que equivale a un cumplimiento del 87% respecto a la meta programada de 5,500,000 unidades. Este cambio marcó el inicio de una tendencia negativa en el desempeño de la línea.

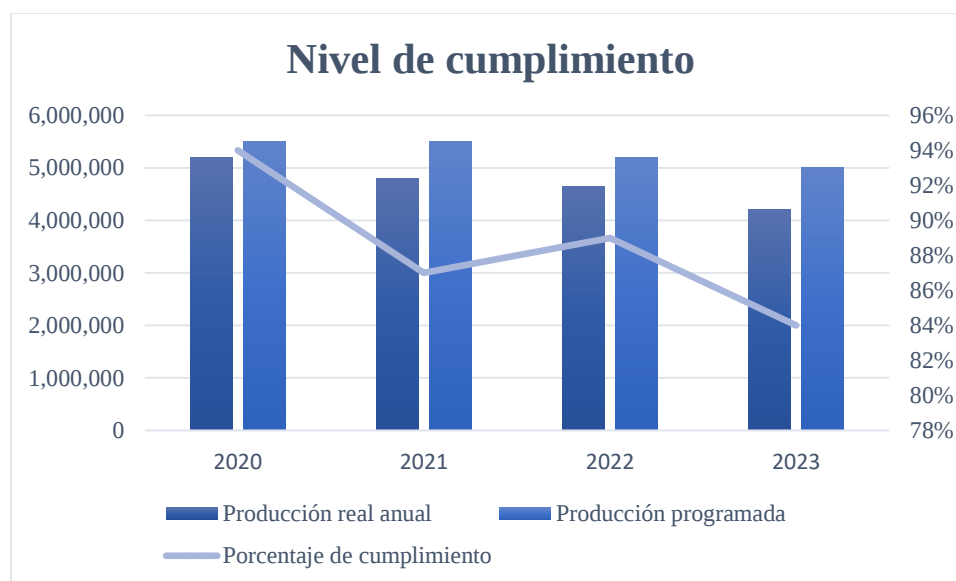
Durante 2022, se produjo un cambio significativo mínimo, alcanzando una producción real de 4,650,000 unidades frente a una programación de 5,200,000 unidades, lo que representó un cumplimiento del 89%. Este desempeño se vio favorable gracias a los mantenimientos de maquinaria y un incremento en los tiempos productivos.

En 2023, la situación se vio afectada con una producción anual de 4,200,000 unidades frente a una meta de 5,000,000, equivalente a un cumplimiento del 84%. Esta brecha resaltó la necesidad de optimizar los procesos productivos para garantizar la estabilidad operativa y cumplir con las demandas del mercado.

Tabla 10. Porcentaje de cumplimiento en la línea de imprenta (2020-2023)

Año	Producción Real Anual	Producción Programada	% de Cumplimiento
2020	5.200.000	5.500.000	94%
2021	4.800.000	5.500.000	87%
2022	4.650.000	5.200.000	89%
2023	4.200.000	5.000.000	84%

Nota. Resultados obtenidos del análisis de datos según el cumplimiento de la línea de imprenta entre los años 2020-2023

Figura 10. Nivel de cumplimiento de la línea de imprenta

Nota. Elaboración propia basada en los resultados obtenidos del nivel de cumplimiento de la línea de imprenta entre los años 2020-2023

Análisis

El análisis refleja una tendencia oscilante en la eficiencia de la producción real respecto a las metas programadas durante el período 2020-2023. En el año 2020, se alcanzó un cumplimiento del 94%, lo que indica una operación productiva cercana a los objetivos establecidos. Sin embargo, a partir del año 2021 se observa una disminución progresiva en el porcentaje de cumplimiento, alcanzando el nivel más bajo en 2023 con un 84%.

Este comportamiento puede interpretarse como el resultado de diversos factores, entre ellos posibles dificultades operativas, ajustes en los procesos productivos, fluctuaciones en la demanda o incluso restricciones en los recursos. Cabe destacar que, aunque el cumplimiento en 2023 estuvo por debajo del nivel óptimo de 85% establecido por la empresa, el desempeño en 2022 mostró una recuperación parcial al alcanzar un 89%.

En este contexto, se evidencia la necesidad de analizar de manera más detallada los factores que inciden en estas fluctuaciones. Resulta fundamental implementar estrategias orientadas a optimizar los procesos productivos, asegurando no solo el cumplimiento de las metas establecidas sino también una mejora continua que permita mantener niveles estables y superar las expectativas en términos de eficiencia y calidad del producto.

4.3 Precisión de dimensiones de los troqueles

La precisión de las dimensiones de los troqueles representa un aspecto crítico en la producción cartonera, ya que influye directamente en la calidad del producto final y en la eficiencia del proceso. Antes de la implementación de la metodología DMAIC, el proceso de troquelado presentaba una variabilidad en las dimensiones de los troqueles, lo cual generaba inconsistencias en los productos terminados, afectando su ensamblaje y funcionalidad.

4.3.1 Variación en las dimensiones internas de la caja

- **Caja de banano**

Medidas establecidas: 501 x 334 x 207 mm por el cliente

A lo largo de nuestra implementación tomamos 100 muestras durante dos meses y obtuvimos los siguientes resultados

Tabla 11. Dimensiones Antes y Después de DMAIC

Muestra	Antes de Dmaic			Después de Dmaic		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1	499	333.2	206.1	499.5	334	207
2	500.2	332.8	207.8	501	334	206.1
3	501	334.7	205.9	500.9	333.1	207
4	499.8	332.5	208.2	501	334	206.5
5	501	335.2	205.5	501	334.1	207
6	500.4	333.9	208.1	501	334	207
7	502	334.4	206.4	501.1	334	206.9
8	499.9	332.6	207.3	501	332.6	207
9	501	335.1	206	501	333	207.2
10	500.8	333.3	208.4	501	333.9	207.1
11	501	332.8	207	500	334	207
12	501.2	334.1	207.2	500	334	207
13	500	333	207.3	500	333.9	206.5
14	501.1	333.8	207	500	334	207
15	500.2	334	206	499	333.5	206.5
16	500	332.8	206.4	499.2	333.6	206.8
17	500	332.2	205	499.6	334	205.8
18	501	332.2	205.2	500	334	207
19	499	332	204.8	500	334	207
20	501	332	205	500.6	334.2	207
21	500	333	205	500.3	334	207
22	500	333	205	501	334	205
23	501	333	205	501	334	207
24	501.2	333.1	205	501	333.6	207
25	501	333	206.2	501	333.9	207
26	500	333.5	206.2	501.1	332	206.8
27	500	334	206.1	500	334	206.9
28	500	334	206	500	334	206.4
29	500	334.2	206	500	334	207
30	501	333	206	499.8	334	207
31	501.1	334	205.1	499	333.8	205.6
32	501	334	205.3	500	333	205
33	502	333.5	205	500	334	205.6
34	499.1	333.5	205.9	500	334	207
35	501.1	333.8	206	500	334	207
36	500	334	206.4	500	334	207
37	500	332	206	501	334	207
38	500	332	206	501	334	207
39	500	332.5	206	501	334	207
40	501	332.1	206.1	501	333.9	207

41	501	332.2	207	501	334	206.8
42	500	333	207	501	334	206.8
43	501	333	207	499	333.9	206.9
44	500	333	207	501.1	334.1	207.2
45	500	334	207	501	334	207
46	500	334	205	500	334	207
47	501	332.1	207.1	500	334	206.8
48	501	331.8	207	500	334	206.9
49	501	332	207	500	333.5	207
50	501.2	332	207	501	333.5	206.9
51	501.2	332	206	501	334	207
52	500	333	205	501	334	207
53	501	333	205.1	501	334	207
54	500	334	205.2	501	334	207
55	500	334	205	501	334	207
56	499	333.5	204.9	501	334	207
57	500.1	332	205	500	333.8	206.5
58	500	332	205.1	500	334	206
59	501.3	332.5	205	500.6	333.8	205
60	501	332.1	205	500.6	333.9	205
61	500	334	205.2	500	334	205.9
62	500	334	205	501	332	206
63	500	334	206	501	334	207
64	500	334.1	206	501	334	207
65	501.2	334	206	501	334	207
66	500	333	207	501	334	206.5
67	499.8	333.2	205	501	334	207
68	500	333.2	205	501	334	207
69	500	333.2	205	500	332	207
70	501	334.2	205	500	332.9	207
71	501	333	205	500	334	207
72	500	334	206	501	334	207
73	500	334	206	501	334	207
74	500	334	206.5	501	334	207
75	501	332	206.3	501	334	207
76	501	332	206	500	334	206.8
77	501	332	207	500.9	333.8	206.4
78	500	332	207	500.9	333.8	206.8
79	501	332.4	207	500	334	206
80	499.8	332.4	207	500	334	207
81	500.1	332	206.5	501	334	207
82	500	332	206.4	501	334	207
83	500	332	206.4	501	334	207
84	501.1	332	205	501	334	207
85	500	332.5	205	501	334	207

86	501	332.1	205	501	333.9	206.4
87	501	332.1	207	501	334	206.7
88	501	333	207	500	334	206
89	501	333	207	500.8	334	206.9
90	500	333	207	500.8	333.5	207
91	500	333	207	501	333.9	207
92	499.5	332	207	501	334	207
93	500	332	207	501	334	207
94	500	332	207	501	334	207
95	501	333	206.9	501	334	207
96	501	333	206.5	501	334	207
97	501	333	207	500.9	333.9	207
98	500	333	207	501	334	207
99	499.8	333	207	501	334	207
100	500	333	207	501	334	207

Nota. Muestras obtenidas antes y después de la implementación de la metodología

Tolerancia aproximada

Largo: $499 \leq x \leq 501$ mm

Ancho: $332 \leq x \leq 334$ mm

Alto: $205 \leq x \leq 207$ mm

1. Dimensiones en el largo de la caja de banano

Cálculos antes de la implementación

Promedio ($\bar{x}$)

$$\bar{x}_{\text{antes}} = \frac{50043.20}{100}$$

$$\bar{x} = 500.43 \text{ mm}$$

Varianza muestral

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 39.20 \text{ mm}$$

Desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\frac{39.20}{99}$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 0.39$$

$$\sigma = \sqrt{0.39}$$

$$\sigma = 0.63 \text{ mm}$$

Hay 12 cajas fuera de tolerancia

Porcentaje de defectos

$$Pd = \frac{\text{Número de cajas fuera de tolerancia}}{\text{Total de cajas}} \times 100\%$$

$$Pd = \frac{12}{100} \times 100\%$$

$$Pd = 12\%$$

Cálculos después de la implementación

Promedio ($\bar{x}$)

$$\bar{x}_{\text{después}} = \frac{50057.7}{100}$$

$$\bar{x} = 500.58 \text{ mm}$$

Varianza muestral

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 32.12$$

Desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\frac{32.12}{99} = 0.32 \text{ mm}$$

$$\sigma = \sqrt{0.32}$$

$$\sigma = 0.57 \text{ mm}$$

Porcentaje de defectos

Hay 3 cajas fuera de tolerancia

Porcentaje de defectos

$$Pd = \frac{\text{Número de cajas fuera de tolerancia}}{\text{Total de cajas}} \times 100\%$$

$$Pd = \frac{3}{100} \times 100\%$$

$$Pd = 3\%$$

Tabla 12. Análisis comparativo antes y después de DMAIC en el largo de las cajas

	Antes	Después
Promedio	500.43 mm	500.58 mm
Varianza muestral	39.20 mm	32.12 mm
Desviación estándar	0.63 mm	0.57 mm
Porcentaje de defecto	12%	3%

Nota. Análisis comparativos de los valores obtenidos antes y después de la implementación

Análisis

La implementación de la metodología DMAIC logró mejoras significativas en la estabilidad y consistencia del proceso. Los resultados reflejan una reducción en la variabilidad y en los defectos, lo que indica una optimización del proceso productivo. Este análisis evidencia que la metodología aplicada fue efectiva para alcanzar los objetivos de mejora planteados.

2. Dimensiones en el ancho de la caja de banano

Cálculos antes de la implementación

Promedio ($\bar{x}$)

$$\bar{x}_{\text{antes}} = \frac{33302.40}{100}$$

$$\bar{x} = 333.02 \text{ mm}$$

Varianza muestral

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 69.10$$

Desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\frac{69.10}{99} = 0.69$$

$$\sigma = \sqrt{0.69}$$

$$\sigma = 0.84 \text{ mm}$$

Hay 9 cajas fuera de tolerancia

Porcentaje de defectos

$$Pd = \frac{\text{Número de cajas fuera de tolerancia}}{\text{Total de cajas}} \times 100\%$$

$$Pd = \frac{9}{100} \times 100\%$$

$$Pd = 9\%$$

Cálculos después de la implementación

Promedio ($\bar{x}$)

$$\bar{x} \text{ después} = \frac{33384.30}{100}$$

$$\bar{x} = 333.84 \text{ mm}$$

Varianza muestral

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 17.16$$

Desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\frac{17.16}{99} = 0.17$$

$$\sigma = \sqrt{0.17}$$

$$\sigma = 0.42 \text{ mm}$$

Porcentaje de defectos

Hay 3 cajas fuera de tolerancia

Porcentaje de defectos

$$Pd = \frac{\text{Número de cajas fuera de tolerancia}}{\text{Total de cajas}} \times 100\%$$

$$Pd = \frac{3}{100} \times 100\%$$

$$Pd = 3\%$$

Tabla 13. Análisis comparativo antes y después de DMAIC en el ancho de las cajas

	Antes	Después
Promedio	333.02 mm	333.84 mm
Varianza muestral	69.10 mm	17.16 mm
Desviación estándar	0.84 mm	0.42 mm
Porcentaje de defecto	9%	3%

Nota. Análisis comparativos de los valores obtenidos antes y después de la implementación

Análisis

La implementación de la metodología fue efectiva, logrando una mayor precisión en el control del ancho de las cajas y reduciendo considerablemente la variabilidad y los defectos. Esto no solo mejora la calidad del producto, sino que también aumenta la eficiencia del proceso al reducir desperdicios.

1. Dimensiones en el alto de la caja de banano

Cálculos antes de la implementación

Promedio ($\bar{x}$)

$$\bar{x}_{\text{antes}} = \frac{20615.00}{100}$$

$$\bar{x} = 206.15 \text{ mm}$$

Varianza muestral

$$\sum(x_i - \bar{x})^2 = 81.35$$

Desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\frac{81.35}{99} = 0.82$$

$$\sigma = \sqrt{0.82}$$

$$\sigma = 0.91 \text{ mm}$$

Hay 10 cajas fuera de tolerancia

Porcentaje de defectos

$$Pd = \frac{\text{Número de cajas fuera de tolerancia}}{\text{Total de cajas}} \times 100\%$$

$$Pd = \frac{10}{100} \times 100\%$$

$$Pd = 10\%$$

Cálculos después de la implementación

Promedio ($\bar{x}$)

$$\bar{x}_{\text{después}} = \frac{20675.9}{100}$$

$$\bar{x} = 206.75 \text{ mm}$$

Varianza muestral

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 24.42$$

Desviación estándar σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\frac{24.42}{99} = 0.25$$

$$\sigma = \sqrt{0.25}$$

$$\sigma = 0.50 \text{ mm}$$

Porcentaje de defectos

Hay 3 cajas fuera de tolerancia

Porcentaje de defectos

$$Pd = \frac{\text{Número de cajas fuera de tolerancia}}{\text{Total de cajas}} \times 100\%$$

$$Pd = \frac{3}{100} \times 100\%$$

$$Pd = 3\%$$

Tabla 14. Análisis comparativo antes y después de DMAIC en el ancho de las cajas

	Antes	Después
Promedio	206.15 mm	206.75 mm
Varianza muestral	81.35 mm	24.42 mm
Desviación estándar	0.91 mm	0.50 mm
Porcentaje de defecto	10%	3%

Nota. Análisis comparativos de los valores obtenidos antes y después de la implementación

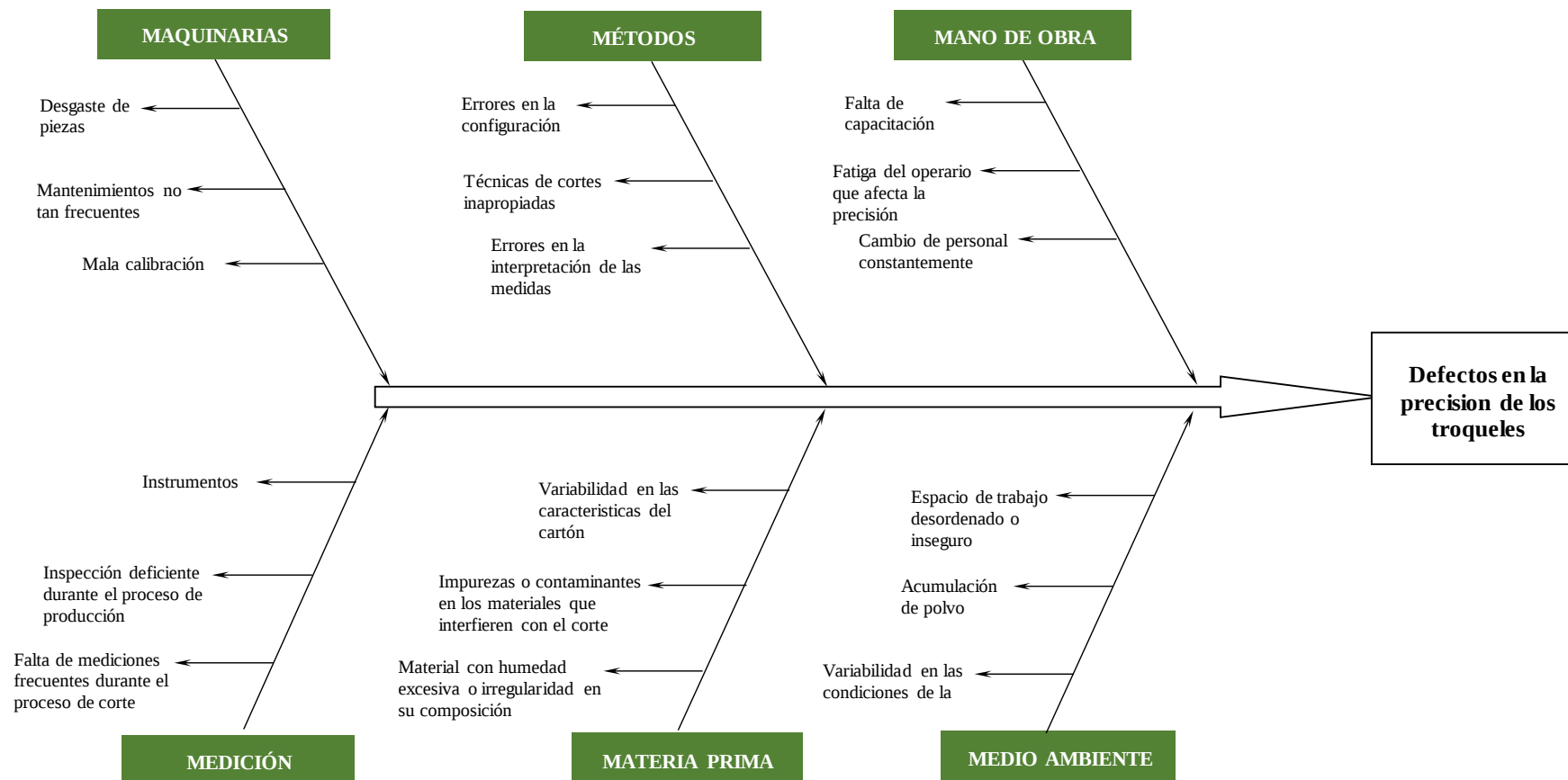
Análisis

La implementación de DMAIC tuvo un impacto positivo en el control del ancho de las cajas, logrando reducir la variabilidad y el porcentaje de defectos. Estos resultados indican una mejora en la calidad del proceso y el producto, contribuyendo a una operación más eficiente y confiable.

4.4 Análisis Causa- Efecto

Para analizar las posibles causas de la variabilidad dimensional observada en el proceso, se utilizó el diagrama de Ishikawa que nos facilitará el análisis detallado de las posibles interacciones entre estas categorías y sus efectos en la variabilidad dimensional. Este enfoque nos ayudó a priorizar las causas más significativas, proporcionando una base sólida para desarrollar acciones correctivas específicas y optimizar el proceso productivo.

Figura 11. Diagrama de Ishikawa de los defectos en la precisión de los troqueles



Nota. Diagrama de causa- efecto de los defectos en la precisión de los troqueles

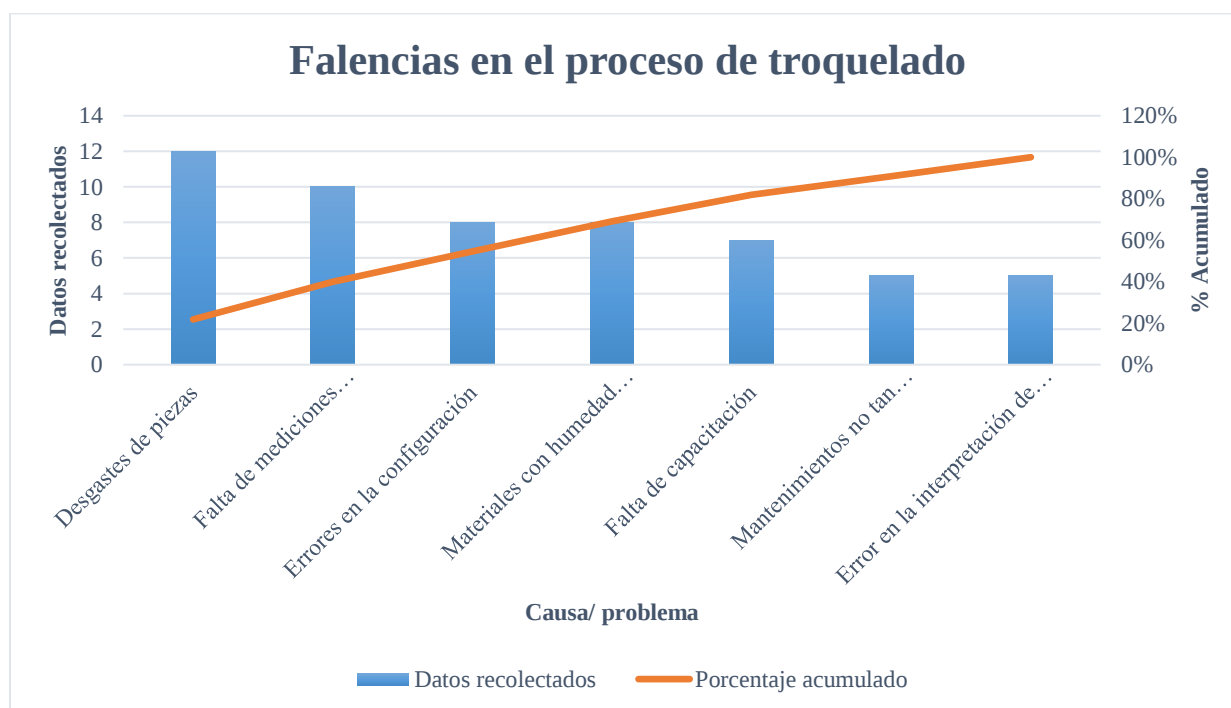
4.4.1 Falencias identificadas en el proceso de troquelado e impresión

Tabla 15. Análisis de Pareto de las principales falencias identificadas en el proceso de troquelado

Causas/ Problemas	Datos recolectados	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Desgastes de piezas	12	22%	22%
Falta de mediciones frecuentes en el proceso	10	18%	40%
Errores en la configuración	8	15%	55%
Materiales con humedad excesiva	8	15%	69%
Falta de capacitación	7	13%	82%
Mantenimientos no tan frecuentes	5	9%	91%
Error en la interpretación de medidas	5	9%	100%
Total	55	100%	

Nota. Análisis de Pareto de las falencias en el proceso de troquelado

Figura 12. Falencias en el Proceso de Troquelado



Nota. Análisis de Pareto de las falencias en el proceso de troquelado

Análisis

El presente diagrama revela las principales falencias en el proceso de troquelado, destacando que el 67% de los problemas acumulados se atribuyen al desgaste de piezas (22%), errores en la configuración (15%) y la falta de mediciones frecuentes en el proceso (18%), lo que confirma el principio de Pareto al identificar un pequeño número de causas críticas responsables de la mayoría de los defectos. Este análisis permite priorizar acciones correctivas en estas áreas clave, lo que resultaría en mejoras significativas en la calidad y eficiencia operativa. Aunque las causas secundarias, como materiales con humedad excesiva (15%), mantenimientos no tan frecuentes (11%) y errores en la interpretación de medidas (9%), tienen menor impacto, es esencial gestionarlas adecuadamente para evitar que se conviertan en problemas mayores tras la resolución de las principales deficiencias.

Medidas ejecutadas en la implementación

A lo largo del proceso se implementaron una serie de acciones específicas y estructuradas que tenían como objetivo principal reducir la variabilidad en las dimensiones de los troqueles. Estas acciones fueron clave para mejorar la calidad del producto final:

a) Calibración Periódica de las Troqueladoras

La calibración periódica de las máquinas fue una de las estrategias más eficaces para garantizar que los equipos funcionaran con la precisión requerida.

Se estableció un programa de calibración semanal para las troqueladoras. Este programa consistió en revisar y ajustar las máquinas de manera regular para asegurar que sus cortes y medidas se mantuvieran dentro de los márgenes establecidos.

La calibración frecuente ayudó a reducir el desgaste que las máquinas pueden sufrir con el uso constante, evitando desviaciones en las dimensiones que afectarían la calidad de los troqueles. Además, la calibración permitió que las máquinas mantuvieran su rendimiento óptimo, disminuyendo las paradas inesperadas y asegurando una producción continua.

Con esta acción, se logró mantener la precisión de los cortes, asegurando que los troqueles estuvieran alineados con las especificaciones técnicas.

b) Mantenimiento Preventivo de Herramientas de Corte

El mantenimiento preventivo fue otra acción fundamental para prolongar la vida útil de las máquinas y asegurar que continúen funcionando correctamente.

Las herramientas de corte, como los troqueles, son sometidas a un desgaste natural debido al uso constante en la producción, es por eso que se implementó un programa de mantenimiento preventivo que consistió en la revisión y el ajuste de las herramientas de corte de manera regular. Esto incluía:

- Reemplazo de piezas desgastadas.
- Ajuste de las cuchillas de corte para asegurar que operaran con la máxima precisión.
- Inspección de la alineación de las herramientas, garantizando que no hubiera desajustes que pudieran afectar la precisión de los cortes.

El mantenimiento preventivo ayudó a evitar fallos inesperados que pudieran interrumpir la producción. Además, al mantener las herramientas en su estado óptimo, se redujo la variabilidad en las dimensiones de los troqueles, lo que mejora la consistencia del producto.

c) Monitoreo de las Mejoras Implementadas

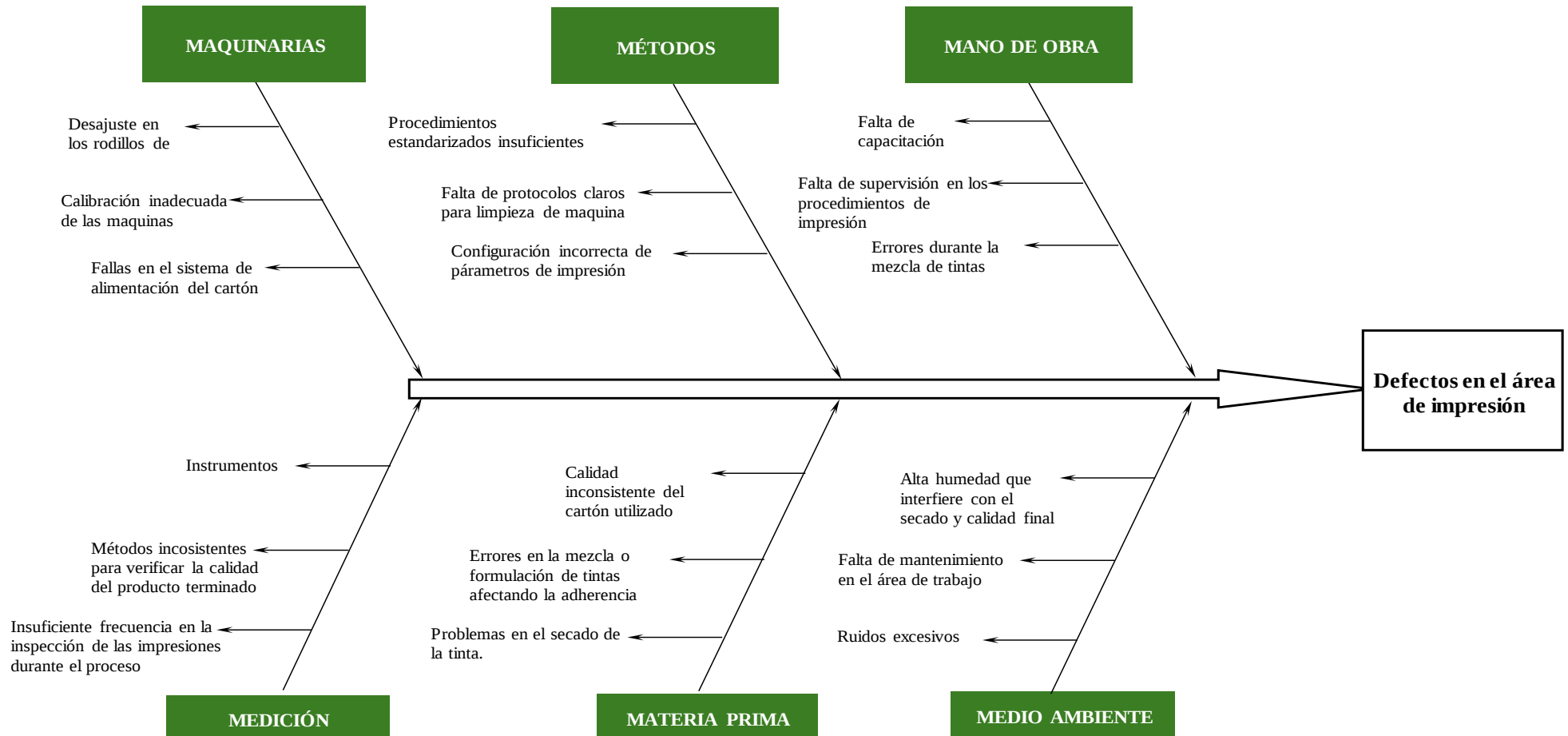
Una vez implementadas las acciones de mejora, era crucial asegurarse de que los cambios introducidos tuvieran el impacto deseado y se mantuvieran a lo largo del tiempo. Para ello, se llevaron a cabo varias medidas de monitoreo.

4.5 Análisis de causa y efecto en el área de imprenta

En el área de imprenta, se identificaron diversos factores que incidían negativamente en la calidad del proceso de impresión, comprometiendo la precisión y uniformidad de los productos terminados. Estas deficiencias repercutieron directamente en la satisfacción del cliente, al no cumplir con los estándares establecidos ni las expectativas de calidad requeridas.

Con el objetivo de analizar a profundidad estas problemáticas y establecer soluciones efectivas, se diseñó un Diagrama de Causa y Efecto. Esta herramienta permitió estructurar de manera lógica y detallada las causas principales que contribuían a los defectos en la impresión, categorizándolas según aspectos técnicos, operativos y ambientales.

Figura 13. Diagrama de Ishikawa de los defectos en el área de impresión



Nota. Diagrama de causa- efecto de los defectos en el área de impresión

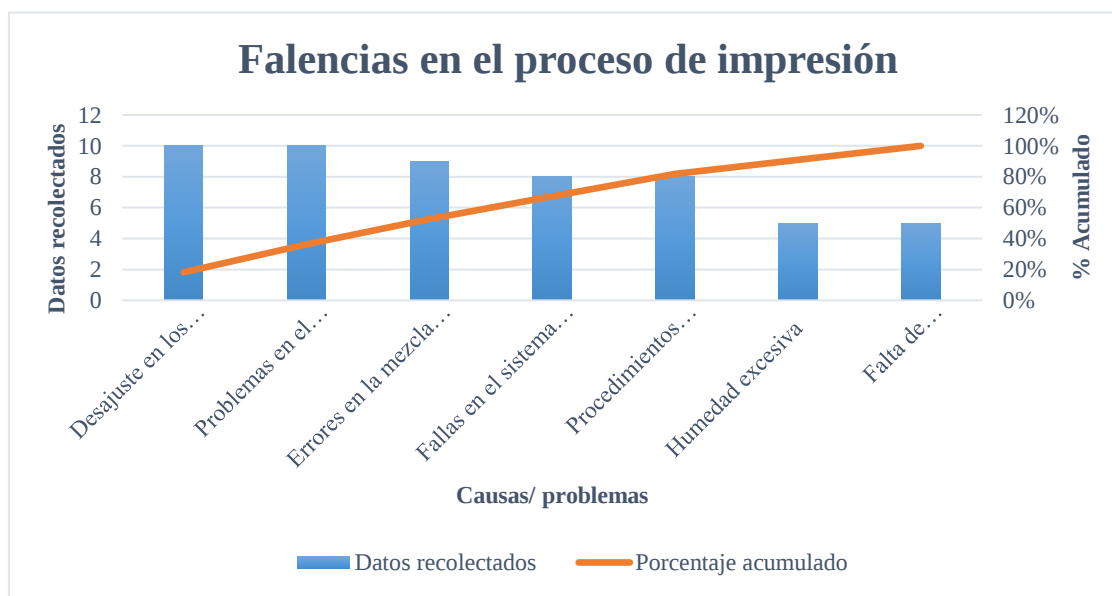
4.5.1 Análisis de Pareto de las principales falencias identificadas en el proceso de impresión

Tabla 16. Análisis de Pareto de las principales falencias identificadas en el proceso de impresión

Causas/ Problemas	Datos recolectados	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Desajuste en los rodillos de impresión	10	18%	18%
Problemas en el secado de la tinta	10	18%	36%
Errores en la mezcla o formulación de tintas	9	16%	53%
Fallas en el sistema de alimentación de cartón	8	15%	67%
Procedimientos estandarizados insuficientes	8	15%	82%
Humedad excesiva	5	9%	91%
Falta de comunicación en cada cambio de turno	5	9%	100%
Total	55	100%	

Nota. Análisis de Pareto de las falencias en el proceso de impresión

Figura 14. Falacias en el proceso de impresión



Nota. Análisis de Pareto de las falencias en el proceso de impresión

Análisis

El análisis del diagrama revela que las principales deficiencias son, el desajuste en los rodillos de impresión y los problemas en el secado de la tinta destacan como los más significativos, representando el 36% del total de incidencias. Estas fallas, junto con los errores en la mezcla o formulación de tintas y las insuficiencias en los procedimientos estandarizados, tienen un impacto acumulado que afecta directamente la calidad del proceso. Por ello, se recomienda priorizar soluciones en estas áreas mediante un enfoque sistemático que incluya mantenimiento preventivo, estandarización de procesos y capacitación del personal. Este enfoque permitirá no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también garantizar un control más estricto en las etapas críticas del proceso, reduciendo significativamente las deficiencias detectadas.

4.6 Aplicación de la metodología en las áreas más críticas de la cartonera

Los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología Six Sigma utilizando DMAIC en el área de troquelado e imprenta de la empresa cartonera. Los datos recopilados nos permiten evidenciar las mejoras alcanzadas en términos de reducción de desperdicios, precisión en las dimensiones de los troqueles y disminución de productos defectuosos. Los análisis se realizaron en un periodo de tres meses, cubriendo desde la identificación de problemas hasta la estabilización de los procesos mejorados.

Los datos muestran una disminución sostenida en los desperdicios tanto en el área de troquelado como en imprenta.

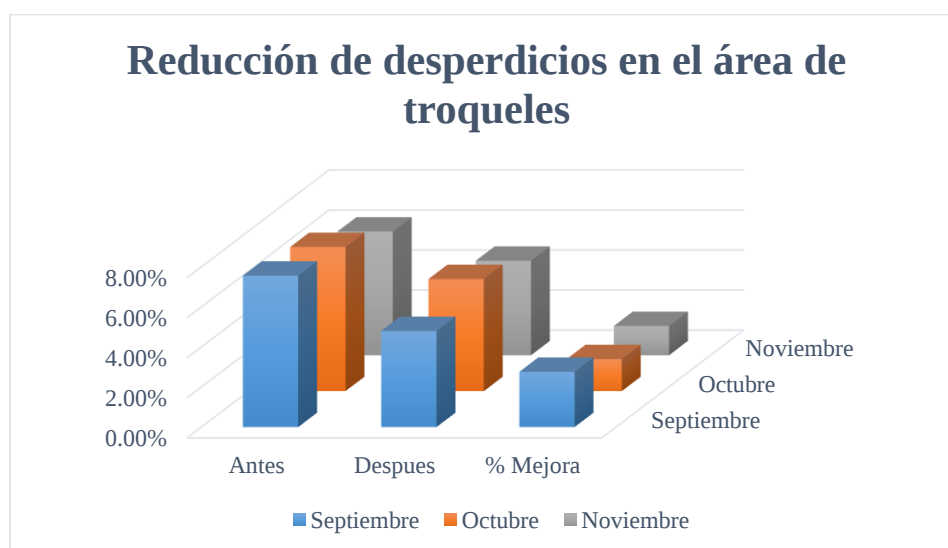
4.6.1 Mejoras alcanzadas en términos de reducción de desperdicios en el área de troqueles

Tabla 17. Reducción de desperdicios en el área de troqueles

Meses	Antes	Después	% Mejora
Septiembre	7.56%	4.80%	2.76%
Octubre	7.20%	5.60%	1.60%
Noviembre	6.18%	4.72%	1.46%

Nota. Análisis de las mejoras alcanzadas en el área de troqueles

Figura 15. Reducción de desperdicios en el área de troqueles



Nota. Análisis comparativo de las mejoras alcanzadas en el área de troqueles

Análisis

Los datos reflejan una mejora progresiva en la reducción de desperdicios en el área de troqueles, con mayor impacto al inicio del período, esto nos sugiere una optimización continua de los procesos, que es recomendable profundizar en las estrategias para mantener o incrementar el ritmo de mejora en los meses posteriores.

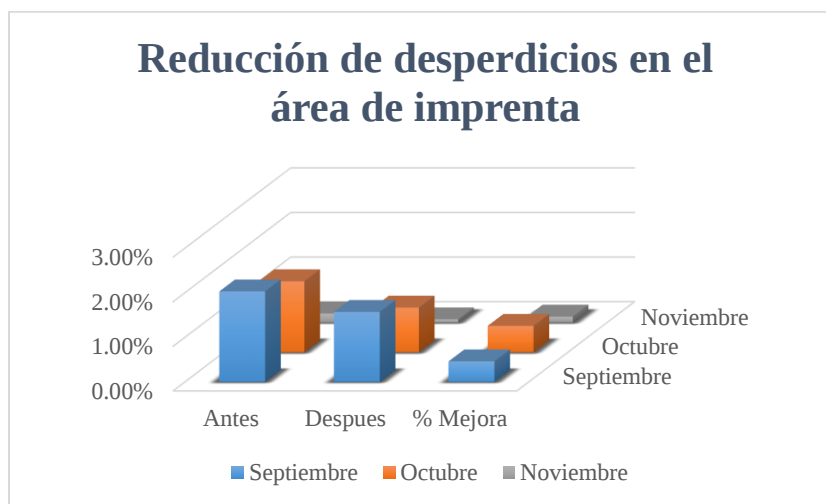
4.6.2 Mejoras alcanzadas en términos de reducción de desperdicios en el área de imprenta

Tabla 18. Reducción de desperdicios en el área de imprenta

Meses	Antes	Después	% Mejora
Septiembre	2.03%	1.57%	0.46%
Octubre	1.59%	1.00%	0.59%
Noviembre	0.20%	0.07%	0.13%

Nota. Análisis de las mejoras alcanzadas en el área de imprenta

Figura 16. Reducción de desperdicios en el área de imprenta



Nota. Análisis comparativo de las mejoras alcanzadas en el área de imprenta

Análisis

Los resultados reflejan una mejora modesta pero constante en la reducción de desperdicios en el área de imprenta, con el mejor desempeño en octubre. Los niveles iniciales bajos de desperdicio limitan la magnitud de mejora posible, pero las reducciones logradas indican un impacto positivo en la eficiencia del área.

CAPITULO V

5. Cronograma

Tabla 19. Cronograma de Actividades

Actividades	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Revisión inicial en la planta				
Capacitación al personal sobre la metodología				
Entrevistas al personal de producción				
Análisis de los defectos principales de las áreas más críticas de la cartonera				
Recolección de datos técnicos sobre las dimensiones de los troqueles				
Recopilación de datos del proceso productivo				
Implementación de la metodología en base a los datos proporcionados por la empresa				
Monitoreo de las mejoras implementadas				
Realización de reportes sobre avances y mejoras en el proceso				
Revisión final del proceso y las mejoras obtenidas tras la implementación				
Revisión de informe final al supervisor de la empresa				
Ajustes finales y validación del proceso				
Entrega de documento final y correcciones del proyecto técnico al tutor				

Nota. Actividades realizadas durante todo el proceso

CAPITULO VI

6. Presupuesto

Costos Indirectos

Tabla 20. Costos Indirectos

Elementos	Detalle	Costo estimado
Transporte	Movilización a la empresa	\$ 40.00
	Alimentación personal	\$ 60.00
Alimentación	Refrigerios durante las visitas para el personal operativo- 4 personas	\$ 90.00
Materiales de apoyo	Impresiones/ recursos para las entrevistas	\$ 15.00
Gastos varios	Internet/ gastos inesperados	\$ 30.00
	Total	\$ 235.00

Nota. Costos indirectos durante todo el proceso

Capítulo VII

7. Conclusión

En base a la investigación realizada se logró optimizar el proceso productivo mediante el mapeo de procesos y el análisis de datos. Este abordaje permitió identificar las ineficiencias existentes en las etapas clave del proceso de impresión, así como las principales fuentes de desperdicio y variabilidad. A través de un análisis minucioso y estructurado, se implementaron estrategias que aumentaron la eficiencia del proceso, logrando una reducción considerable de costos y un incremento en la calidad del producto final. Estas acciones se tradujeron en un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y en una disminución de los tiempos de producción, alineándose con los objetivos de competitividad y rentabilidad empresarial.

En segundo lugar, la aplicación del enfoque DMAIC resultó ser una herramienta efectiva para reducir la variabilidad en la línea de imprenta. Mediante esta metodología, se identificaron las causas raíz de las desviaciones en la calidad de los productos impresos, como fallos en la calibración de las herramientas y problemas en el control de las variables del proceso. Las medidas correctivas implementadas no solo minimizaron los defectos en los productos finales, sino que también estandarizaron los procedimientos operativos, garantizando una mayor consistencia y confiabilidad en la producción, esto también mejoró significativamente la satisfacción del cliente y fortaleció la imagen de la empresa como un proveedor de alta calidad.

Por último, se implementaron medidas sostenibles en el proceso productivo para reducir el impacto ambiental, cumpliendo así con el tercer objetivo específico planteado. Entre las iniciativas adoptadas se incluyeron la optimización del uso de materiales, la reducción del desperdicio de tinta y cartón, y la incorporación de prácticas eco-amigables en la gestión de recursos.

Los resultados obtenidos no solo optimizaron el proceso productivo y mejoraron la calidad de los productos, sino que también fortalecieron el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la responsabilidad social. Este modelo puede servir como referencia para otras industrias cartoneras que buscan mejorar su competitividad en un mercado cada vez más exigente y comprometido con el desarrollo sostenible.

Capítulo VIII

8. Recomendación

Es crucial que la empresa continúe consolidando las mejoras alcanzadas a través de una estrategia integral que abarque tanto aspectos operativos como organizacionales. Una de las principales prioridades debe ser el fortalecimiento del programa de mantenimiento preventivo, asegurando que todas las máquinas y herramientas se mantengan en óptimas condiciones para evitar desviaciones en los procesos y garantizar la estabilidad de las mejoras implementadas.

De igual manera, es indispensable que la capacitación del personal sea una práctica continua y no un evento aislado. La formación debe enfocarse no solo en las herramientas de Six Sigma, sino también en el uso de nuevas tecnologías y en el desarrollo de habilidades blandas que fortalezcan el trabajo en equipo y la resolución de problemas. La creación de un sistema de monitoreo constante también será clave para identificar oportunamente desviaciones o problemas emergentes, permitiendo una respuesta ágil y efectiva.

Es importante que la empresa mantenga su enfoque en la sostenibilidad ambiental, explorando nuevas formas de reducir el desperdicio y optimizar el uso de materiales. Esto no solo mejorará su competitividad, sino que también reforzará su reputación como un actor responsable en la industria.

Finalmente, la promoción de una cultura organizacional orientada a la mejora continua será fundamental para garantizar que las innovaciones implementadas se mantengan y evolucionen con el tiempo. Esto implica no solo establecer procesos más eficientes, sino también fomentar un ambiente de colaboración, innovación y compromiso hacia la excelencia operativa.

Referencias

- Albert, N., Perez Molina, A., & Gisbert Soler, V. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *Empresa: investigación y pensamiento crítico* (1), 73-80.
doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80/>
- Álvarez, D. O. (24 de mayo de 2024). *Soluto y Solvente - Concepto y ejemplos*. Recuperado el 2024 de Junio de 4, de Concepto: <https://concepto.de/soluto-y-solvente/>
- Basu, R., & Wright, J. N. (2012). *Quality beyond six Sigma* (1ª ed.). Routledge.
doi:10.4324/9780080515502
- Censos, I. N. (s.f.). *Encuesta a empresas*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-a-empresas/>
- Communications. (13 de Julio de 2023). ¿Qué es la sostenibilidad? Un camino urgente y sin marcha atrás. *BBVA NOTICIAS*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-sostenibilidad-un-camino-urgente-y-sin-marcha-atras/>
- Conversation, T. (13 de Febrero de 2021). *El impacto de la contaminación en la salud y la calidad de vida*. Obtenido de www.nationalgeographic.com.es:
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/impacto-contaminacion-salud-y-calidad-vida_16348
- Cristina, V. (2009). *Elaboración de un proyecto de factibilidad para la diversificación de la producción en la fábrica CORRUempaQue CIA. LTDA., de la ciudad de Quito* [Tesis

Maestría en Gerencia Empresarial]. Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.

Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8445>

Eduardo, G. V. (2024). *Propuesta de mejoras en el proceso productivo de la línea de imprenta de una empresa cartonera*. Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26722>

Equipo editorial, Etecé. (5 de Agosto de 2021). *Metodología - concepto, tipos, investigación y método*. Recuperado el 4 de Junio de 2024, de Concepto:

<https://concepto.de/metodologia/>

Equipo editorial, Etecé. (26 de Junio de 2023). *Industrialización - concepto, características, causas y efectos*. Recuperado el 4 de Junio de 2024, de Concepto:

<https://concepto.de/industrializacion/>

Indicadores de la gestión logística. (s.f.). Obtenido de Google Books:

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=ItzDDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=kpi+indicadores+desempe%C3%B1o&ots=pqynb2D5c0&sig=7n9EQt5_nvBCm3-6vP6fV0ud-m4#v=onepage&q=kpi%20indicadores%20desempe%C3%B1o&f=false

Inicio - CIP - Cámara de Industrias y Producción. (15 de Marzo de 2024). Obtenido de CIP - Cámara de Industrias y Producción: <https://www.cip.org.ec/>

Janeth, H. N. (2016). *Diseño de propuesta de un sistema de control y mejoramiento de la productividad de la empresa cartonera*. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5665>

- Jimenez, H. F., & Amaya, C. L. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 263-277.
doi:10.4067/s0718-33052014000200012
- Meny. (Noviembre de 2014). *Qué es un estándar?* Obtenido de Estándares de Calidad:
11<https://jmestandaresdecalidad.wordpress.com/2014/11/11/que-es-un-estandar-2/>
- Mittal, A., Gupta, P., & Kumar, V. (1 de Marzo de 2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e14625
- Polit Suárez Paúl, F., & Buestán B. Marcos. (2021). *Aplicación de la metodología seis sigma para reducir el desperdicio controlable en una empresa cartonera*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52586>
- Quiroz, J. C., Varas, I., & Ali, A. (2023). LEAN SIX SIGMA METHODOLOGY TO REDUCE EXCESS WASTAGE IN a BRICKYARD: a CASE STUDY. *South African journal of industrial engineering*. doi:10.7166/34-2-2865
- Torres, S. G., Hidalgo, W. A., Valencia, G. V., & Cantos, J. P. (2019). *Incidencia del crecimiento económico del sector manufacturero sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador*. Obtenido de Redalyc.org:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29059356014>
- trainer, I. (2024). *INDUSTRIAL TRAINER - Learn Professional*. Obtenido de INDUSTRIAL TRAINER: <https://www.industrialtrainer.org/>

Westreicher, G. (24 de Noviembre de 2022). *Optimización*. Recuperado el 2024 de mayo de 4, de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/optimizacion.html>

Zambelli, R. (2023 de Abril de 3). *Mejora continua: ¿qué es y cómo aplicarla?* Recuperado el 4 de Junio de 2024, de Blog | Checklist Fácil: <https://blog-es.checklistfacil.com/mejora-continua/>