



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**ANÁLISIS DE CALIDAD EN LOS PRODUCTOS MANUFACTURADOS EN
LA EMPRESA “TEXCODI CÍA. LTDA.”**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Seguridad, calidad y ambiente

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Alex Fernando Paredes Andrade

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.

Ambato - Ecuador

febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS DE CALIDAD EN LOS PRODUCTOS MANUFACTURADOS EN LA EMPRESA “TEXCODI CÍA. LTDA.”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Alex Fernando Paredes Andrade, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, febrero 2024.

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS DE CALIDAD EN LOS PRODUCTOS MANUFACTURADOS EN LA EMPRESA “TEXCODI CÍA. LTDA.” es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2024.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by several horizontal strokes, positioned above a dashed horizontal line.

Alex Fernando Paredes Andrade

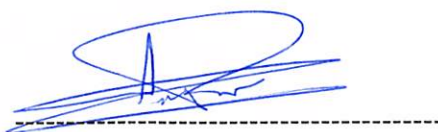
C.C. 180467043-6

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2024.

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

Alex Fernando Paredes Andrade

C.C. 180467043-6

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Alex Fernando Paredes Andrade, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ANÁLISIS DE CALIDAD EN LOS PRODUCTOS MANUFACTURADOS EN LA EMPRESA “TEXCODI CÍA. LTDA.”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Franklin Tigre Ortega, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Bolívar Morales Oñate, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Con profunda humildad, este trabajo se lo dedico a Dios por las infinitas bendiciones otorgadas a lo largo de esta travesía académica.

A mi madre Mercedes Andrade y mi padre Vicente Paredes, que con su ejemplo de esfuerzo, perseverancia y responsabilidad han guiado mi camino incondicionalmente para cumplir mis objetivos y a pesar de los obstáculos, seguir adelante.

A mi abuelita Carmen Veloz, quien, con su partida, me demostró que la felicidad absoluta se encuentra arraigada en los momentos compartidos y por haberme dejado huellas en el alma, que ni el tiempo ni nadie podrán borrar jamás.

A mis hermanas, quienes iluminan mi vida con su alegría y personalidad, deseo de todo corazón inspirarles a perseguir sus sueños con determinación y valentía.

Alex Fernando Paredes Andrade

AGRADECIMIENTO

Nuevamente a Dios, por haberme brindado fortaleza en los momentos más difíciles personal y académicamente.

Al Ing. Luis Morales, por su ayuda, conocimientos y por, sobre todo, su paciencia brindada para que este proyecto académico y objetivo personal se hagan realidad.

A la empresa TEXCODI CÍA. LTDA., por haberme brindado el respaldo y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación, ya que su apoyo y compromiso han sido fundamentales para su desarrollo.

“! Gracias totales ¡”

Alex Fernando Paredes Andrade

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Tema de investigación	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Antecedentes investigativos	3
1.3 Fundamentación teórica	6
1.3.1 Proceso de manufactura	6
1.3.2 Levantamiento de sistemas de manufactura	7

1.3.3 Diagrama de flujo para procesos de manufactura	8
1.3.4 Análisis ABC	8
1.3.5 Calidad	10
1.3.6 Control de calidad	10
1.3.7 Control estadístico de calidad (SPC).....	12
1.3.8 Six sigma.....	12
1.3.9 Variabilidad.....	12
1.3.10 Metodología DMAIC.....	13
1.3.11 Ensayo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) para variables	17
1.3.12 Ensayo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) para atributos.....	18
1.3.13 Prueba de normalización.....	20
1.3.14 Carta de control para variables: X-R.....	22
1.3.15 Carta de control para atributos: tipo p.....	24
1.3.16 Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF).....	24
1.4 Objetivos	25
1.4.1 Objetivo general.....	25
1.4.2 Objetivos específicos	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
2.1 Materiales.....	26
2.2 Métodos.....	26
2.2.1 Enfoque	26

2.2.2 Tipo de investigación	27
2.2.3 Modalidad de la investigación	27
2.2.4 Población y muestra	28
2.2.5 Recolección de información.....	30
2.2.6 Procesamiento y análisis de datos	30
2.2.7 Metodología DMAIC – Six sigma	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
3.1 Análisis de la situación actual del proceso productivo de la empresa	42
3.1.1 Antecedentes	42
3.1.2 Datos de la empresa	42
3.1.3 Productos ofertados.....	44
3.2 Determinación de la línea de producción textil para el diagrama de Pareto	45
3.2.1 Características del objeto de estudio	48
3.2.2 Descripción del proceso productivo de la línea de estudio	49
3.3 DEFINIR	54
3.3.1 Lluvia de ideas o Brainstorming	54
3.3.2 Descripción de defectos	58
3.3.3 Diagrama de Pareto para definición de defectos de calidad	60
3.3.4 Proyecto Six Sigma	63
3.4 MEDIR	69
3.4.1 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para variables.....	69

3.4.2 Prueba de normalidad de mediciones.....	71
3.4.3 Análisis de variabilidad y capacidad del proceso de corte.....	72
3.4.4 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para atributos	77
3.4.5 Análisis de variabilidad y capacidad del proceso de maquila.....	78
3.4.6 Índice de inestabilidad.....	81
3.4.7 Análisis del nivel de calidad sigma	82
3.5 ANALIZAR	83
3.5.1 Análisis de factores críticos	83
3.5.2 Análisis causa-efecto.....	83
3.5.3 Cinco Por qué (5-Wh)	90
3.5.4 Identificación de causas raíz	93
3.5.5 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).....	94
3.6 MEJORAR	97
3.6.1 Plan de implementación	98
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
4.1 Conclusiones	102
4.2 Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos del diagrama de flujo.....	8
Tabla 2. Niveles sigma.....	12
Tabla 3. Criterios para valores p	21
Tabla 4. Materiales del proyecto de investigación.....	26
Tabla 5. Muestra y lote seleccionado.....	29
Tabla 6. Actividades para recolección de información.....	30
Tabla 7. Actividades para procesamiento y análisis de datos	31
Tabla 8. Criterios para clasificación.....	33
Tabla 9. Valores de C_p y su interpretación.....	37
Tabla 10. Nivel de riesgo	41
Tabla 11. Información general de TEXCODI CÍA. LTDA.	43
Tabla 12. Productos ofertados.....	44
Tabla 13. Registro de ventas mensual.....	46
Tabla 14. Lluvia de ideas del área de corte.....	55
Tabla 15. Lluvia de ideas del área de maquila.....	56
Tabla 16. Descripción de defectos del área de corte.....	58
Tabla 17. Descripción de defectos del área de maquila.....	59
Tabla 18. Identificación de clientes: etapa de corte	64
Tabla 19. Identificación de clientes: etapa de maquila	64
Tabla 20. Marco del proyecto para el área de corte	68

Tabla 21. Marco del proyecto para el área de maquila	68
Tabla 22. Evaluación del sistema de medición para ancho.....	70
Tabla 23. Evaluación del sistema de medición para largo	70
Tabla 24. Resumen del ensayo R&R: maquila	77
Tabla 25. Resumen de valores de calidad sigma.....	82
Tabla 26. 5W para el área de corte del operador 1.....	91
Tabla 27. 5W para el área de corte del operador 2.....	91
Tabla 28. 5W para el área de maquila del operador 1.....	92
Tabla 29. 5W para el área de maquila del operador 2.....	92
Tabla 30. 5W para el área de maquila del operador 3.....	92
Tabla 31. Descripción causas raíz.....	94
Tabla 32. Matriz de análisis y modo de falla (AMEF)	95
Tabla 33. Escala valorativa calculada	96
Tabla 34. Mejoras propuestas para defecto “dimensiones inadecuadas”.....	97
Tabla 35. Mejoras propuestas para defecto “hilos sueltos o no rematados”.....	98
Tabla 36. Plan de implementación – Área de corte – Causa raíz 1.....	99
Tabla 37. Plan de implementación – Área de corte – Causa raíz 2.....	99
Tabla 38. Plan de implementación – Área de corte – Causa raíz 3.....	100
Tabla 39. Plan de implementación – Área de maquila – Causa raíz 1.....	100
Tabla 40. Plan de implementación - Área de maquila – Causa raíz 2	101
Tabla 41. Plan de implementación - Área de maquila – Causa raíz 3	101

Tabla 42. Datos de la máquina de corte	132
Tabla 43. Actividades para plan de mantenimiento autónomo	133
Tabla 44. Datos de la máquina de costura.....	137
Tabla 45. Actividades del plan de mantenimiento	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de manufactura.....	6
Figura 2. Jerarquía de procesos.....	7
Figura 3. Administración de toda la organización basada en la TQM.....	11
Figura 4. Actividades para desarrollar una matriz AMEF.....	25
Figura 5. Diagrama de Pareto para la línea de productos.....	47
Figura 6. Limpión modelo 8000.1.....	49
Figura 7. Diagrama de flujo de la línea de estudio.....	50
Figura 8. Cuantificación defectos del área de corte.....	61
Figura 9. Cuantificación defectos del área de maquila.....	62
Figura 10. Mapa de necesidades del área de corte.....	65
Figura 11. Mapa de necesidades del área de maquila.....	66
Figura 12. CTQ's definidos para el proyecto.....	67
Figura 13. Prueba de normalidad para mediciones del largo y ancho.....	71
Figura 14. Carta X-R por ancho.....	72
Figura 15. Estudio de capacidad para la variable de anchura.....	73
Figura 16. Carta X-R por largo.....	75
Figura 17. Estudio de capacidad para la variable de largo.....	76
Figura 18. Carta p para maquila.....	79
Figura 19. Estudio de capacidad para atributos.....	80
Figura 20. Mapeo del defecto "Dimensiones inadecuadas".....	84

Figura 21. Mapeo del defecto "Hilos sueltos o no rematados"	88
Figura 22. Flujograma del plan de mantenimiento para corte	131
Figura 23. Flujograma del plan de mantenimiento para maquila.....	137
Figura 24. Flujograma para el macroproceso de abastecimiento.....	142

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Brainstorming para defectos en los artículos.....	110
Anexo B. Voz de cliente para críticos de calidad (CTQ's).....	111
Anexo C. Ensayo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)	113
Anexo D. Desarrollo ensayo R&R para atributos	118
Anexo E. Muestras para estudio de análisis de capacidad	119
Anexo F. Brainstorming para causas raíz en corte y maquila.....	121
Anexo G. Herramienta “5 Por qué”	122
Anexo H. Valores del índice Cp	127
Anexo I. Plan de mantenimiento para el equipo de corte	128
Anexo J. Plan de mantenimiento para el equipo de maquila	134
Anexo K. Manual de procedimientos.....	140

RESUMEN EJECUTIVO

El bajo control de calidad en los procesos representa un desafío para empresas que descuidan los aspectos críticos derivados de estos. En este contexto, la investigación se enfocó en realizar un análisis de calidad en los productos manufacturados en la empresa TEXCODI CÍA. LTDA.

La investigación se realizó en base a la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar), adoptando un enfoque cuantitativo. Para su realización, se recolectaron muestras durante un mes laborable, utilizando un muestreo aleatorio sistemático de 20 subgrupos sobre el producto de mayor rentabilidad de la empresa en cuestión.

La investigación determinó que las etapas de corte y maquila se clasificaron como "críticas" por su papel clave como puntos de control en el proceso. En estas fases se establecieron los problemas críticos de calidad que corresponden a la recepción de materia prima inadecuada y descuido en el mantenimiento de equipos.

Los resultados del estudio establecen que las variables críticas para los problemas de calidad son: las dimensiones inadecuadas (70,5% de errores) e hilos sueltos (53,8% de errores). Las métricas de calidad en las fases de producción de corte y maquila corresponden a 1,57 y 2,61 sigmas respectivamente, por debajo de los estándares del sector (3 a 4 sigmas).

En conclusión, la empresa no tiene un proceso con la capacidad de producir en los niveles sigma exigidos para la industria textil, lo que impacta negativamente en la calidad de sus productos, y que se manifiesta en pérdida de imagen, clientela y en general, competitividad en el mercado.

Palabras clave: Confección textil, variabilidad estadística, control de calidad, métricas de calidad, DMAIC.

ABSTRACT

The low level of quality control in company processes presents a challenging problem when critical aspects of these processes are neglected. In this context, this investigation focuses on analyzing the quality of products manufactured by the company TEXCODI CÍA. LTDA.

The research was based on the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Implement, Control) methodology, adopting a quantitative approach. Samples were collected during a month in the labs, using systematic random sampling of 20 subgroups with the highest-rented product of the company in question.

The investigation determined that the cutting and assembly stages were key points for quality control during the process. It was established that these stages presented critical problems in quality control, corresponding to the reception of inadequate raw materials and the lack of proper equipment maintenance.

The study results showed that the critical variables for quality control were: inadequate dimensions (with a 70.5% error rate), and loose threads (with a 53.8% error rate). The quality control metric in the cutting and assembly stages yielded 1.57 and 2.61 sigmas, respectively, which is well below the industry standard of 3 to 4 sigmas.

In conclusion, the company lacks a quality control process capable of achieving sigma levels on par with the textile industry. This negatively impacts the quality of their products and results in a loss of credibility, clientele, and competitiveness in the market.

Keywords: Textile manufacturing, statistical variability, quality control, quality metrics, DMAIC.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

Análisis de calidad en los productos manufacturados en la empresa “TEXCODI CÍA. LTDA.”

1.1.1 Planteamiento del problema

La industria textil desarrolla nuevas técnicas de fabricación con el pasar del tiempo, situación que obliga a las empresas afines a adoptarlas para que se mantengan a la vanguardia y entreguen productos o servicios que cumplan con las normas y especificaciones de calidad y de esta manera, no ser devoradas por la competencia [1]. Por lo tanto, estas organizaciones deben concentrarse en la efectividad y eficiencia que tienen sus procesos, puesto que un descuido representaría problemas de calidad y como tal, no se estaría cumpliendo con las exigencias de los consumidores y el panorama a futuro se tornaría complicado al seguir entregando productos o servicios defectuosos [2].

Hoy en día, la industria textil latinoamericana ha adoptado interesantes mejoras de productividad basada en el uso de herramientas para tener controles estadísticos de calidad, como: diagrama de Pareto, diagrama causa efecto, muestreo e inspecciones, entre otras [3]. Prueba de ello, estas organizaciones han mejorado en la satisfacción del cliente y reducción de elementos defectuosos, es importante subrayar que, un cliente satisfecho trae nuevos clientes.

Se estima que aproximadamente 1 de cada 5 consumidores puede indicar insatisfacción con este tipo de productos en un momento dado, pero solo una pequeña proporción de esos consumidores insatisfechos realmente registrarán quejas, que se pueden tomar como punto de partida para el mejoramiento del proceso, que generará productos que cumplen especificaciones y además son atractivos al cliente [4].

La realidad de la producción textil del Ecuador se basa en que, al ser artesanal, sufre una serie de problemas en las medianas y pequeñas empresas [5], y como tal, nace la

necesidad de disminuir y en el mejor de los casos, eliminar los procesos innecesarios, elevar los niveles de productividad, reducir inventario, costos y tiempo de entrega e incrementar la satisfacción del cliente, mejorando su competitividad en el mercado globalizado a través de los términos de agilidad, velocidad de respuesta y flexibilidad [6].

La ocurrencia de producto no conforme en la manufactura industrial es una problemática común en muchas empresas ecuatorianas, incluso en aquellas que afirman tener un proceso de nivel seis sigmas, es decir, con conformidad del producto en el 99.7% de los casos o superior, aún enfrentan este problema [7]. Sin embargo, el enfoque hacia la mejora continua ha impulsado a los ingenieros e investigadores a desarrollar y poner a prueba herramientas y técnicas para la disminución y control del producto no conforme [8].

La Cámara de la Pequeña y Mediana Empresa de Tungurahua (CAPIT) menciona que, entre las 272 empresas textiles registradas en el país, Tungurahua ocupa el segundo lugar con el 19% [9]. Paralelamente, las empresas ambateñas presentan un problema que puede ser considerado primordial, este es el deficiente control del proceso de producción de tela por parte de los proveedores que posteriormente afectan a la calidad del producto final de los fabricantes [10].

Los tres principales defectos que generan problemas de calidad en la industria textil corresponden a diseño, materia prima e insumos, que genera efectos como el incumplimiento de especificaciones en las prendas de vestir; finalmente, otros problemas de calidad incluyen el etiquetado incorrecto, el embalaje insuficiente y la mano de obra deficiente [11]. El proceso de fabricación en la industria textil todavía depende en gran medida del trabajo manual, lo que puede provocar errores y problemas de calidad, por ello es fundamental contar con buenos procesos de control de calidad para evitar problemas.

Por consiguiente, el deficiente control de calidad se debe a que estas empresas no cuentan con un programa de producción adecuado, lo cual los lleva a no considerar indicadores y balances de línea que les permita calcular una capacidad real de producción, para tener una mejora en su planificación de producción y de esta manera

aumentar con el control de asignación y mejorar el registro de tiempos de proceso y entrega a sus consumidores [12].

TEXCODI CÍA. LTDA. es una empresa ambateña dedicada a la producción de varios tipos de productos textiles como ropa interior para hombre y mujer, camisetas, bividis, vestidos y toallas. Sin embargo, como cualquier otra empresa no está fuera de sufrir problemas de cualquier índole en sus distintas áreas, pero el más evidente se centra en toda la cadena de manufactura, por el deficiente control de calidad que se aplica.

El origen de la deficiencia en la calidad de los productos de se estima que procede en la etapa de manufactura por factores como: falta de metodología del control estadístico de calidad, algunas de ellas son la falta de control y seguimiento de los talleres de maquila subcontratada [13], las diferencias entre existencias de materias primas real y estimada, la falta de control de vendedores, entre otros [14].

La empresa no solo denota fallas de calidad con el producto en las dimensiones, fallas del tejido, tono, manchas, diseño, mala manipulación, tela contaminada y picada y apuro en el proceso, sino también con los mismos clientes [15], no solo por el producto defectuoso sino por los retrasos en los tiempos de entrega por lo que se estaría perdiendo la confianza de estos [16], [17]. Por tal motivo, el presente trabajo se desarrollará en base a un análisis de variabilidad en la etapa de producción para encontrar no conformidades del producto terminado.

1.2 Antecedentes investigativos

A continuación, se presentan investigaciones relacionados con el objeto de estudio del presente trabajo, los cuales fueron seleccionados con el fin de orientar el cumplimiento de los objetivos de la investigación y para hacer una comparación objetiva entre los resultados de las investigaciones consultadas y los resultados de este trabajo.

En estudio realizado por una compañía textil de Sri Lanka tenía por objetivo identificar los factores que generaban fallas en la confección de prendas de vestir. Dentro de los hallazgos, se encontró que las principales influencias correspondían a las M's: mano de obra (habilidad, desconocimiento de estándares, capacitación y ausentismo) y la maquinaria (fallas en funcionamiento, mala calibración y programas de

mantenimiento). De esta manera, los líderes de la compañía textil al haber definido los factores críticos que generaban las fallas de calidad en las prendas de vestir establecieron decisiones que proporcionen prendas de alta calidad a los clientes [18].

Dentro de este marco, el caso de estudio desarrollado en Johannesburgo se enfocó en identificar los criterios de producción que requieren una estricta supervisión de control de calidad de una compañía textil. Reveló que la producción presentaba deficiencias en los materiales (elección e inspección de telas, selección de proveedores y materiales) y métodos de trabajo (carencia de patrones de diseño, corte y terminado), ya que afectaban al cumplimiento de las especificaciones del cliente. Este análisis contribuyó a mejorar la excelencia operativa y el desempeño en la calidad de una pequeña empresa de confección enfocada en la costura [19].

Del mismo modo, la empresa textil TCH de la ciudad de Quito-Ecuador implementó la metodología Definir, Medir, Actuar, Implementar y Controlar (DMAIC) con el objetivo de analizar las causas raíz de los procesos críticos que generaban defectos de calidad. Para esto, el estudio determinó que estas causas se presentan en la maquinaria, por no tener programas de mantenimiento, y talento humano no calificado. De esta manera, la empresa al identificar los factores que atentan contra la calidad de su producto inició la toma de decisiones a favor de que la organización aumente de manera significativa la eficiencia para que se vea reflejada en la calidad de la prenda de vestir [20].

A continuación, se exponen investigaciones referentes a las metodologías y herramientas estadísticas aplicadas en el control de calidad sobre procesos de confección textil.

La compañía textil “Sample” de Bosnia y Herzegovina, identificó los problemas de calidad dentro del proceso de manufactura utilizando herramientas de calidad, como: Pareto y Control Estadístico de Procesos (SPC). Con la primera herramienta se identificó que el 78% de las no conformidades se daban por: prendas fuera de tolerancias y puntadas defectuosas; el restante se repartía en: agujeros en prendas y accesorios rotos. Por otro lado, el SPC calculó que el índice de capacidad del proceso (C_p) era igual a 1.32, demostrando que este no era capaz. Por último, reconocer los

problemas de calidad les permitió obtener un proceso mejorado, más eficiente y con producción en masa más precisa, confiable y de mayor calidad [21].

Asimismo, la investigación realizada en Perú en 2020 se enfocó en determinar la gestión de calidad adecuada para incrementar la productividad de la empresa textil, utilizando instrumentos y herramientas de calidad como: el diagrama causa-efecto y las 5's; estas herramientas determinaron que las causas principales de la baja productividad fueron: tiempos de espera, sobrante de tela, demora en entrega de los productos. De esta manera, la gestión de calidad aplicada permitió a la empresa incrementar la productividad del negocio en un 8%, presentando así procesos más ordenados y eficientes [22].

Mientras tanto, en 2018 la empresa Tabbysport llevó a cabo un estudio de SPC cuyo objetivo fue mejorar el control de calidad en la línea de ensamble, debido a las altas quejas de insatisfacción del cliente; para abordar esta situación, la investigación utilizó indicadores de capacidad como: C_p y de Taguchi (C_{pm}), para identificar la variabilidad existente en el proceso. Los valores hallados los índices fueron 0,69 y 0,118, respectivamente, valores que demostraron que el proceso no era capaz de cumplir especificaciones establecidas por la empresa e internacionalmente [23].

Finalmente se presentan estudios referentes a los controles utilizados para mejorar los problemas de calidad en el ámbito de la confección textil.

La empresa textil de Bangladesh aplicó las metodologías Six Sigma y DMAIC buscando reducir los defectos del producto, combinando las técnicas de Diseño de Experimentos (DOE) y Análisis de Varianza (ANOVA) que determinen estadísticamente la correlación de la puntada rota y la costura abierta con las fallas, para definir sus valores óptimos necesarios para eliminarlos. El análisis del uso de estas metodologías indicó que los factores mencionados influyeron en la cantidad de productos defectuosos. Con esto, lograron una reducción de alrededor del 35% de defectos en las prendas, situación que ayudó a la empresa a minimizar sus problemas de calidad mejorando su nivel Sigma de 1.7 a 3.4 [24].

El estudio realizado en Etiopía en 2018 muestra la importancia del SPC para mejorar la calidad de los productos, puesto que después de seleccionar los parámetros críticos

y las herramientas adecuadas, se implementaron las gráficas X-bar y R para las variables y las gráficas C para atributos, con los cuales diseñaron planes de acción remedial para estabilizar el proceso. Tras la implementación, se lograron mejoras significativas en la sección de costura, reduciendo el porcentaje de rechazo del 9.141% al 6,4% [25].

Para concluir, en la ciudad de Ibarra en 2018 se concretó un SPC con la necesidad de mejorar los procesos textiles y productividad de la Empresa Fertex, basándose en la respuesta a las necesidades de tal manera que los críticos de satisfacción del cliente fueran traducidos en puntos de inspección y control que garantizan su cumplimiento. De esta manera se obtuvo como resultado el aumento de la productividad en un 3%, lo cual es de beneficio para la empresa tanto en calidad como en costos [26].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Proceso de manufactura

El proceso productivo se define como el conjunto de actividades que se llevan a cabo para transformar una materia prima o un conjunto de insumos en un producto o servicio, el cual puede ser dividido en etapas, cada una de las cuales tiene un objetivo específico [27].

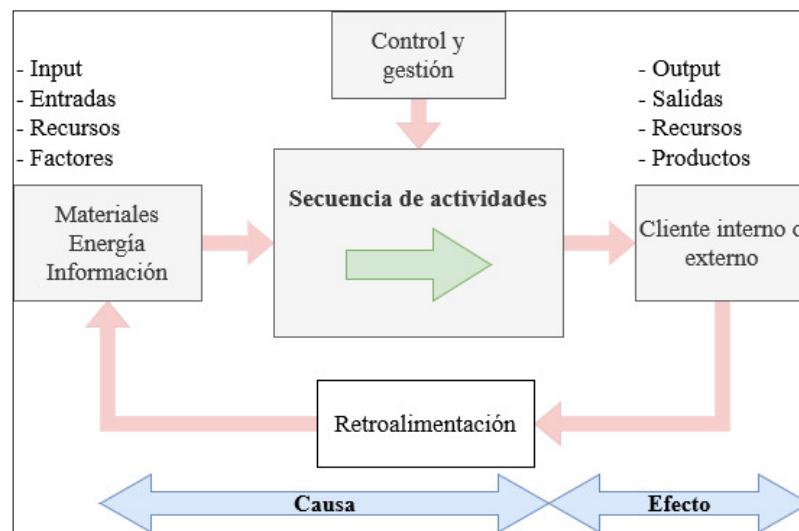


Figura 1. Proceso de manufactura [27]

Con la Figura 1, se puede conocer el comportamiento que sigue generalmente un proceso de manufactura en función a sus elementos de entrada, salida y control o retroalimentación. Así mismo, se conoce que el proceso se puede clasificar en jerarquías dependiendo de la función que desempeñe, como el macroproceso y el proceso operativo [28].

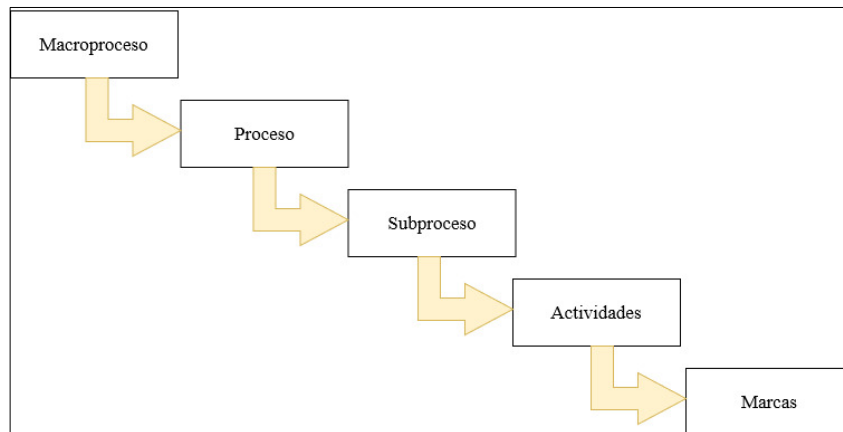


Figura 2. Jerarquía de procesos [28]

1.3.2 Levantamiento de sistemas de manufactura

La recolección de información relevante sobre la forma y método de trabajo con la que se manejan los sistemas de producción se lleva a cabo con diversas técnicas, como: entrevistas, fichas para registros, etc. De hecho, se sugiere tener a consideración que se sigan los siguientes pasos para asegurar un levantamiento acertado [29]:






- Describir y detallar los procesos y actividades.
- Identificar las etapas y subdivisiones en el sistema productivo.
- Delimitar con un alcance.
- Identificar los roles y recursos mediante flujogramas.
- Definir los indicadores de gestión adecuados para realizar actividades de control y retroalimentación.
- Documentar la información para crear un manual de uso respectivo.

1.3.3 Diagrama de flujo para procesos de manufactura

Los diagramas de flujo de procesos de manufactura son una representación gráfica de las etapas que se llevan a cabo para producir un producto o servicio. Estos diagramas pueden ser utilizados para mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos de manufactura, así como para su documentación y análisis [30].

Los diagramas de flujo de procesos están formados, comúnmente, por una serie de elementos básicos, que se utilizan para representar las diferentes etapas del proceso [30], como los siguientes:

Tabla 1. Elementos del diagrama de flujo [30]

Símbolo	Nombre	Descripción
	Inicio/Final	Este símbolo indica el inicio o final del proceso.
	Línea de flujo	Se utiliza para conectar diferentes partes de un diagrama de flujo.
	Entrada/Salida	Representa la entrada o salida de datos.
	Proceso	Representa una acción o proceso.
	Decisión	Indica una decisión a tomar, con ramificaciones para diferentes resultados.

1.3.4 Análisis ABC

Es una técnica de gestión utilizada para categorizar o clasificar elementos de interés en función de su importancia relativa. Es decir, este método se basa en el principio de que no todos los elementos tienen el mismo nivel de impacto en un sistema, por lo que se categorizan por criterios en base a la necesidad.

Las tres zonas en la que se clasifica el análisis se detallan a continuación [31]:

- Zona A: son elementos de alta importancia y representan un porcentaje menor en cantidad pero suelen tener un alto impacto en los resultados.
- Zona B: son elementos de importancia relativa y están en un nivel intermedio tanto en términos de cantidad como de impacto.

- Zona C: son elementos de baja importancia o valor, que tienen una contribución mínima. Aunque pueden representar la mayoría en cantidad.

Para desarrollar este método se considera la relación entre la frecuencia o importancia de un elemento y su impacto en los objetivos o resultados deseados, a través de los siguientes pasos [31]:

- Recopilar un histórico de datos durante un periodo de tiempo, en el que se identifiquen los elementos y sus valores asociados.
- Calcular el porcentaje de participación monetaria para cada elemento, utilizando la ecuación (1).

$$\% \text{ de participación} = \frac{1}{\# \text{ de artículos}} * 100\% \quad (1)$$

- Mediante la ecuación (2) y (3) se determina el porcentaje de consumo que se ha obtenido en el periodo registrado.

$$\text{Valorización} = \text{Costo unitario} * \text{Consumo anual} \quad (2)$$

$$\% \text{ de consumo} = \frac{\text{Valor}}{\text{Total de valorización}} * 100\% \quad (3)$$

- Ordenar los porcentajes de consumo calculados de forma descendente, para obtener el porcentaje de participación acumulada mediante la ecuación (4).

$$\% \text{ part. acum.} = \% \text{ part. acum.}_{i-1} + \% \text{ part. acum.}_i \quad (4)$$

- Calcular el porcentaje de participación de consumo acumulado, utilizando la ecuación (5).

$$\% \text{ cons. acum.} = \% \text{ cons. acum.}_{i-1} + \% \text{ cons. acum.}_i \quad (5)$$

- Usando la información de los porcentajes acumulados, se debe asignar los elementos a las categorías A, B y C según los umbrales establecidos.

1.3.5 Calidad

Según la definición proporcionada por la American Society for Quality (ASQ), la calidad se define como la medida en que un conjunto de atributos intrínsecos satisface los requisitos específicos o las expectativas del cliente, cumpliendo con estándares predefinidos [32].

En otras palabras, se puede mencionar que la definición más precisa sobre este tema se vincula estrechamente con las características que un producto o servicio posee para satisfacer las necesidades del mercado. Además, es importante destacar que estas necesidades evolucionan con el tiempo y están influenciadas por el precio que el usuario esté dispuesto a pagar.

1.3.6 Control de calidad

El control de calidad es un proceso sistemático y continuo de evaluación de la calidad de los productos o servicios, con el objetivo de garantizar que cumplan con los requisitos establecidos y se aplique a cualquier tipo de producto o servicio, desde bienes de consumo hasta servicios financieros [30]. Implica una serie de actividades y técnicas, que pueden incluir:

a. Establecimiento de los requisitos de calidad

Los requisitos de calidad son las características que deben cumplir los productos o servicios para ser considerados de calidad. Estos requisitos deben ser definidos de forma clara y concisa, y deben ser verificables.

b. Medición de la calidad

La medición de la calidad es el proceso de recopilar datos sobre las características de los productos o servicios. Estos datos pueden recopilarse mediante inspecciones, pruebas, encuestas a clientes, etc.

c. Análisis de los datos de calidad

El análisis de los datos de calidad es el proceso de interpretar los datos recopilados para identificar problemas de calidad.

d. Acción correctiva

La acción correctiva es el proceso de tomar medidas para corregir los problemas de calidad identificados.

La adopción de filosofías como el Total Quality Management (TQM) o el Lean Manufacturing enfatiza la mejora continua, la participación de los empleados y la eficiencia operativa como elementos clave para alcanzar niveles superiores de rendimiento. Como tal los programas de mejora, como Six Sigma, proporcionan marcos estructurados para identificar y corregir desviaciones mediante la aplicación de métodos estadísticos [29], como se muestra en la Figura 3.

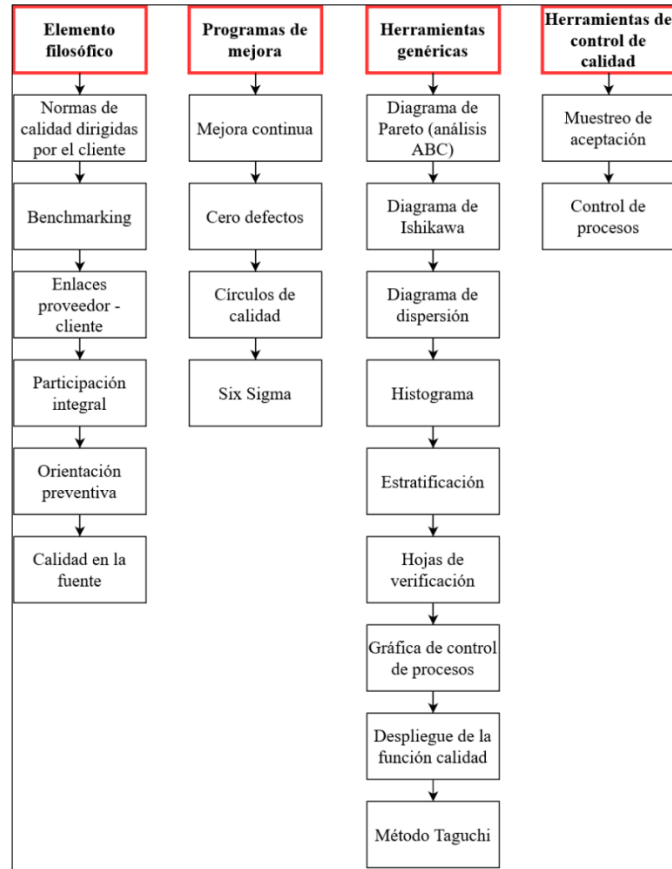


Figura 3. Administración de toda la organización basada en la TQM [29]

1.3.7 Control estadístico de calidad (SPC)

Es una herramienta utilizada en la manufactura y producción para monitorear y mejorar la calidad de los productos. Además, utiliza técnicas estadísticas para medir y analizar el rendimiento del proceso de producción y detectar cualquier variación en el mismo [33].

1.3.8 Six sigma

Es una metodología de gestión de calidad que se centra en la mejora continua de los procesos para reducir defectos y variaciones, y mejorar la eficiencia operativa, que fue desarrollada por Motorola en la década de 1980 y desde entonces ha sido ampliamente adoptada en diversas industrias debido a su enfoque estructurado y basado en datos para la toma de decisiones [33].

Utiliza un conjunto de herramientas y técnicas estadísticas para medir y mejorar el rendimiento del proceso, buscando alcanzar niveles extremadamente bajos de defectos o errores, aproximadamente 3.4 defectos por millón de oportunidades (estándar conocido como "Seis Sigma") [27].

La Tabla 2, proporciona más información sobre los 5 niveles sigma restantes.

Tabla 2. Niveles sigma [27]

Nivel Sigma	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	Rendimiento porcentual	Capacidad
1	690000	30,9%	No competitivo
2	308537	69,1%	
3	66807	93,3%	Media industrial
4	3210	99,4%	
5	233	99,96%	Clase mundial
6	3,4	99,99966%	

1.3.9 Variabilidad

La variabilidad en el contexto de la metodología six sigma, representa la discrepancia que se puede tener entre los resultados esperados y los reales en un proceso bajo

estudio. Reducir esta variabilidad resulta fundamental si se quiere alcanzar la mejor consistencia y calidad en la producción de bienes o prestación de servicios [27]. De esta manera, la variabilidad se clasifica en dos principales tipos:

a. Variabilidad común

Es la variación inherente al proceso, que puede ser controlada y reducida mediante mejoras específicas.

b. Variabilidad especial

Es la variación que se debe a causas particulares y atípicas en el proceso durante un periodo de tiempo. A menudo es mucho más fácil identificarlo y abordarlo en comparación a la variabilidad común.

1.3.10 Metodología DMAIC

Es un enfoque estructurado y sistemático utilizada en el marco de Six Sigma para mejorar y optimizar procesos y cada una de sus etapas desempeña un papel crucial en la identificación y solución de problemas, así como en la mejora continua de la calidad [20].

A continuación se describe brevemente cada fase:

a. Fase “Definir”

En esta etapa, se establece claramente el problema o la oportunidad de mejora y se definen los objetivos del proyecto, se identifican las partes interesadas clave y se delimita el alcance del problema a abordar.

A continuación, se mencionan algunas de las herramientas comúnmente asociadas con esta fase:

- ***Lluvia de ideas***

Es una técnica creativa que se utiliza para estimular la generación de ideas, soluciones, conceptos o propuestas en un ambiente libre de críticas, disciplina e igualitario por

parte de un grupo de participantes. El propósito es acumular una gran cantidad de puntos de vista para explorar el amplio espectro de ideas antes de enfocarse en aquellas más prácticas o valiosas para solucionar.

- ***Diagrama de Pareto***

Se trata de una representación gráfica que se realiza con la finalidad de evaluar las causas que ocasionaron pérdida o inconvenientes en la ejecución del proyecto, con la posibilidad de mencionar las posibles formas de responder. Sigue el principio de la regla 80/20 (el 20% de las causas son las que generan el 80% de los problemas), donde se enfoca en identificar y priorizar los elementos más significativos o críticos que representan la mayoría del impacto en un conjunto de datos.

- ***Voz del cliente (Voc)***

Es una técnica que recopila y comprende las necesidades, expectativas, preferencias y percepciones de los clientes sobre un artículo o servicio especificado. Siendo vital en la gestión de calidad y el desarrollo de productos. Para obtener los criterios se utilizan generalmente diversas herramientas como encuestas y entrevistas, entre otros métodos, con el propósito de guiar el diseño y la mejora continua, así como para fundamentar las decisiones empresariales.

- ***Marco del proyecto***

Define claramente el alcance, los objetivos y las metas del proyecto gracias al uso riguroso de herramientas estadísticas y metodologías comprobadas para lograr mejoras significativas en la calidad y eficiencia en los procesos.

b. Fase “Medir”

En esta fase, se recopilan datos relevantes para evaluar la situación actual del proceso y se identifican las variables críticas y se establecen métodos de medición. Esto proporciona una base objetiva para comprender el rendimiento actual del proceso, mediante el uso de algunas herramientas como:

- ***Hojas de verificación***

Es una herramienta que permite registrar, analizar y procesar fácilmente una cantidad de datos recolectados en función a su interés. El éxito de su uso se basa en que el formato esté diseñado en base a las necesidades y simplicidad para que cualquier persona pueda comprender fácilmente el funcionamiento y documentación.

- ***Pruebas de normalidad***

Es un análisis estadístico empleado para determinar si un conjunto de datos se ajusta a una distribución normal, es decir, si sigue una distribución gaussiana o en forma de campana. En una distribución normal, los datos se distribuyen simétricamente alrededor de su media, con la mayoría de los valores concentrados cerca de la media y una dispersión gradual hacia los extremos [34].

Se utilizan diversas pruebas estadísticas, como Shapiro-Wilk, Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y Lilliefors, entre otras, para evaluar la normalidad de los datos. Estas pruebas comparan los datos observados con lo que se esperaría de una distribución normal [35].

- ***Histogramas***

Para representar la distribución de datos y suelen representarse mediante gráficos como el de barra, lineal, torta o cualquier otro de este tipo.

- ***Cartas de control***

Son herramientas valiosas para evaluar la variabilidad del proceso y determinar si está bajo control estadístico, es decir, proporcionan una representación visual de cómo se comportan las mediciones a lo largo del tiempo para identificar si existe estabilidad y conseguir mantenerla, caso contrario, para conocer las causas de inestabilidad y tomar acciones correctivas. Las cartas de control se clasifican en función a las características que se requieren analizar (variables o atributos).

c. Fase “Analizar”

En esta etapa, se investigan y analizan los datos recopilados para identificar las causas fundamentales de los problemas o las variaciones en el proceso. Se utilizan herramientas estadísticas y análisis detallados para comprender las relaciones entre variables y determinar factores que afectan el rendimiento, como:

- ***Diagrama de Ishikawa***

Es una herramienta efectiva para facilitar el entendimiento colectivo de las causas subyacentes de un problema y orientar la toma de decisiones para la mejora continua.

- ***5 ¿por qué?***

Es una metodología de resolución de problemas que busca identificar la causa raíz de un problema o situación mediante una serie de preguntas recursivas. Consiste en hacerse la pregunta "¿Por qué?" repetidamente (idealmente cinco veces) para llegar a la causa fundamental de un problema. Esta técnica ayuda a profundizar más allá de los síntomas evidentes y encontrar la causa principal de un problema.

- ***Análisis de modo y efecto de falla (AMFE)***

Esta técnica se centra en identificar y evaluar los posibles modos de falla en un proceso, así como sus efectos y la gravedad de dichos efectos [36].

d. Fase “Mejorar”

Basándose en los hallazgos de la fase de análisis, se desarrollan e implementan soluciones para abordar las causas fundamentales identificadas y se busca optimizar el proceso, llevándose a cabo pruebas piloto para validar la efectividad de las mejoras propuestas [27].

- ***Plan de acción (5W-2H)***

Creación de un plan de acción completo y bien definido, lo que facilita la implementación exitosa de mejoras identificadas durante la fase de análisis.

1.3.11 Ensayo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) para variables

Este método es utilizado para evaluar la variabilidad presente en las mediciones realizadas por múltiples operadores o dispositivos de medición, cuya idea es desglosar la variabilidad total en componentes específicos para comprender la precisión del sistema de medición [37]. Por ende, este enfoque estadístico implica el análisis de la varianza de las mediciones para identificar la contribución relativa de la repetibilidad (variabilidad de mediciones repetidas realizadas por mismo operador) y la reproducibilidad (variabilidad entre diferentes operadores o dispositivos).

El método ANOVA divide la variación total (σ_{total}^2) de los datos en variación debida a la producción (σ_{parte}^2), variación debida a la repetibilidad (σ_{repeti}^2) y variación a la reproducibilidad (σ_{reprod}^2) de la siguiente manera [27]:

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{parte}^2 + \sigma_{oper}^2 + \sigma_{oper \times parte}^2 + \sigma_{instr}^2 \quad (6)$$

$$\sigma_{repeti}^2 = \sigma_{instr}^2 \quad (7)$$

$$\sigma_{reprod}^2 = \sigma_{oper}^2 + \sigma_{oper \times parte}^2 \quad (8)$$

$$\sigma_{R\&R}^2 = \sigma_{repeti}^2 + \sigma_{repro}^2 \quad (9)$$

Donde:

σ_{oper}^2 : variación entre medidas realizadas por los diferentes operadores.

$\sigma_{oper \times parte}^2$: variación entre medidas que registra un operador por cada una de las piezas medidas.

σ_{instr}^2 : variación debida al instrumento de medida.

$\sigma_{R\&R}^2$: variación combinada de la repetibilidad y la reproducibilidad.

Es importante mencionar que estos parámetros se aplican a un diseño factorial con efectos aleatorios. Es decir, se considera a la pieza y el operador como efectos aleatorios, ya que estos dos factores son una muestra aleatoria de la totalidad de piezas

y operadores que forman parte del conjunto que maneja el equipo de medición. En conclusión, se examina cómo estas variables, representativas de la población completa, influyen en la variabilidad de las mediciones, considerando la aleatoriedad inherente a la selección de las piezas y operadores en el estudio.

1.3.12 Ensayo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) para atributos

En los procesos de manufactura, los métodos de medición a menudo involucran evaluaciones subjetivas realizadas por inspectores, quienes clasifican las piezas en categorías como aceptadas o rechazadas. Es decir, este enfoque se basa en apreciaciones sensoriales (vista, gusto, olfato, oído, tacto) que generan datos en una escala binaria, por lo que evaluar la calidad de estas mediciones implica analizar la consistencia de los criterios utilizados por los encargados.

El estudio R&R se enmarca en la categoría de "análisis de riesgo", para lo cual se tienen los siguientes pasos para su desarrollo [27]:

a. Valoración de desacuerdos posibles

Estos desacuerdos posibles (a_p) son cuantificados dependiendo el área en el que se va a desarrollar el ensayo, puesto que para el área de corte serían 4 evaluaciones (la operadora y el jefe de producción) durante dos semanas. Por otro lado, en el área de maquila se desarrollarán 6 evaluaciones (tres operadoras) en 2 semanas.

$$a_p = \frac{k * (k - 1)}{2} \quad (10)$$

Donde:

a_p : desacuerdos posibles.

k : número de evaluaciones a la que es sometido cada limpión.

b. Valoración del número total de desacuerdos posibles

En cuanto al número total de posibles desacuerdos, se lo determina en función a que se han considerado un total de tres docenas (36 piezas). Por lo que se formula de la siguiente manera:

$$a_t = a_p * p \quad (11)$$

Donde:

a_t : número total de desacuerdos posibles.

k : número de piezas en el estudio.

c. Nivel de desacuerdo de estudio

En cuanto a este nivel de desacuerdo de estudio, se presenta la siguiente expresión para su posterior cálculo:

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} * 100 \quad (12)$$

Donde:

D_e : total de desacuerdos en el estudio.

d. Repetibilidad

En sistemas de medición de este tipo, el instrumento de medida es esencialmente el juicio del operador, por lo que los desacuerdos por repetibilidad se derivan de la coherencia entre los ensayos realizados por el mismo operador (en la misma semana).

Su expresión matemática es la siguiente:

$$ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}} * 100 \quad (13)$$

Donde:

D_{rep} : número total de desacuerdos.

O_{rep} : total de oportunidades.

e. Reproducibilidad

En este ámbito, se analizan de manera general las discrepancias sistemáticas entre operadores al comparar la cantidad total de piezas aceptadas en ambos ensayos. En este caso el total de limpiones evaluados equivale a 72 unidades, por el hecho de que se evalúan 36 piezas o 3 docenas en dos semanas. Y para determinar dicha situación, la expresión matemática es la siguiente:

$$ND_{rep} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}} * 100 \quad (14)$$

Donde:

D_{repro} : número total de desacuerdos.

O_{repro} : total de oportunidades de desacuerdo.

$$O_{repro} = (N.^{\circ} \text{ piezas}) * (N.^{\circ} \text{ parejas de operadores}) * (N.^{\circ} \text{ ensayos}) * 2 \quad (15)$$

1.3.13 Prueba de normalización

Es una evaluación estadística utilizada para determinar si un conjunto de datos medidos sigue una distribución normal, es decir, una distribución gaussiana o en forma de campana mediante ajustes o aproximaciones [34]. Generalmente, se suelen emplear pruebas como la Shapiro-Wilk, Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y de Lilliefors para verificar la normalidad de las mediciones y determinar si la distribución de datos se asemeja lo suficiente a este tipo de distribución, lo que es fundamental para dar paso al uso de herramientas estadísticas apropiadas [38].

Tabla 3. Criterios para valores p [39].

Valor de p	
$p < 0,05$	Hipótesis nula es falsa. El resultado no tiene importancia clínica.
$p > 0,05$	Hipótesis una es cierta. El resultado es clínicamente importante.

f. *Prueba de Anderson-Darling*

Esta técnica confronta la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de una muestra con la distribución que se esperaría si esos datos se ajustaran a una distribución normal. En otras palabras, si la discrepancia entre la distribución acumulada observada y la esperada bajo la suposición de normalidad es considerable, se procede a rechazar la hipótesis nula que postula normalidad en la población estudiada.

En el contexto de la prueba de Anderson-Darling, si el valor p es menor que un nivel de significancia predefinido (comúnmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal (Tabla 3) [39].

Los pasos para llevar a cabo la prueba de Anderson-Darling y evaluar la normalidad de un conjunto de datos son los siguientes:

a. *Cálculo de la Estadística de Prueba (A^2)*

Esta estadística compara la función de distribución acumulada empírica de los datos con la función de distribución acumulada esperada para una distribución normal, y se ocupa la siguiente ecuación [35]:

$$A^2 = -N - S \tag{16}$$

Donde:

N: número de casos.

S: desviación estándar.

1.3.14 Carta de control para variables: X-R

Es una herramienta esencial en el control estadístico de procesos porque ayuda a supervisar la variabilidad y la media de un proceso en un periodo de tiempo. Su estructura se compone por dos gráficos: el de control X, que muestra la media de las mediciones, y el de control R, que ilustra la variabilidad dentro de cada muestra. Para complementar, ambos gráficos tienen límites establecidos para detectar los cambios significativos en la media o la variabilidad del proceso, permitiendo tomar medidas correctivas si se observan desviaciones fuera de estos límites [27].

a. Cálculo de límites de control de la carta \bar{X}

Los límites de control de esta carta dependen de la media y desviación estándar del estadístico \bar{X} que se grafica en la carta, mediante la siguiente ecuación:

$$\mu_{\bar{x}} \pm 3\sigma_{\bar{x}} \quad (17)$$

Donde:

$\mu_{\bar{x}}$: representa la media de las medias.

$\sigma_{\bar{x}}$: representa la desviación estándar de las medias.

Para un estudio inicial, los límites de control, tanto superior (LCS) como inferior (LCI), se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$LCS = \mu + A_2\bar{R} \quad (18)$$

$$\text{Línea central} = \mu \quad (19)$$

$$LCI = \mu - A_2\bar{R} \quad (20)$$

Donde:

A_2 : constante tabulada en el apéndice y depende del tamaño de subgrupo n.

\bar{R} : representa a la media de los rangos de los subgrupos.

Sin embargo, en el caso de que ya se conozca la media (μ), y la desviación estándar (σ), los límites para la construcción de la carta están definidos de la siguiente manera:

$$LCS = \mu + 3 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (21)$$

$$\text{Línea central} = \mu \quad (21)$$

$$LCI = \mu - 3 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (22)$$

Donde:

n : representa el número de subgrupos.

b. Cálculo de límites de control de la carta R

Los límites para esta carta se determinan a partir de la media y la desviación estándar de los rangos de los subgrupos partiendo de la siguiente expresión:

$$\mu_R \pm 3\sigma_R \quad (23)$$

Donde:

μ_R : representa la media de los rangos.

σ_R : representa la desviación estándar de los rangos.

De igual forma, las siguientes expresiones matemáticas de los límites de control de la carta están tabuladas para un estudio inicial, al no conocer σ , se puede estimar de la siguiente manera:

$$LCI = D_3 \bar{R} \quad (24)$$

$$\text{Línea central} = \bar{R} \quad (25)$$

$$LCS = D_4 \bar{R} \quad (26)$$

Donde:

\bar{R} : representa a la media de los rangos de los subgrupos.

D_3 y D_4 : representan constantes para simplificar los cálculos y están tabuladas en el apéndice, dependiendo de los tamaños de subgrupos n .

1.3.15 Carta de control para atributos: tipo p

Esta carta es utilizada para supervisar la proporción de defectuosos o eventos no conformes en un proceso, a lo largo del tiempo o a través de diferentes muestras. Esta carta se construye presentando gráficamente las proporciones de defectos junto con límites de control superior e inferior. Se destaca, que estos límites se calculan utilizando la distribución binomial para identificar patrones o cambios significativos en la tasa de defectos [27].

Las expresiones para calcular los límites se basan en la relación de la media (μ) más menos tres veces la desviación estándar (σ) de datos estadísticos de la proporción (p_i). De acuerdo con esto, se tiene lo siguiente para cuando se tenga un tamaño de grupo (n) constante:

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (27)$$

$$LC = \bar{p} \quad (28)$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (29)$$

En situaciones donde el tamaño de cada subgrupo varía, dos enfoques clave son relevantes: utilizar el tamaño promedio de subgrupo (\bar{n}) en lugar de un valor constante para n o crear una carta de control con límites variables. Esta adaptación es esencial para mantener la efectividad del control estadístico ante variaciones en el tamaño de las muestras. Asimismo, si la proporción de defectos (p) es desconocida, se debe estimar previamente para implementar con precisión las herramientas de control.

1.3.16 Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF)

Es un método sistemático empleado en la gestión de calidad con el objetivo de identificar, evaluar y mitigar posibles fallos en productos, procesos o sistemas antes de su implementación o durante su desarrollo. Al estar enfocado para detectar modos potenciales de fallo, sus causas, efectos y la gravedad de sus consecuencias, este

análisis permite priorizar acciones preventivas para reducir o eliminar los riesgos identificados.

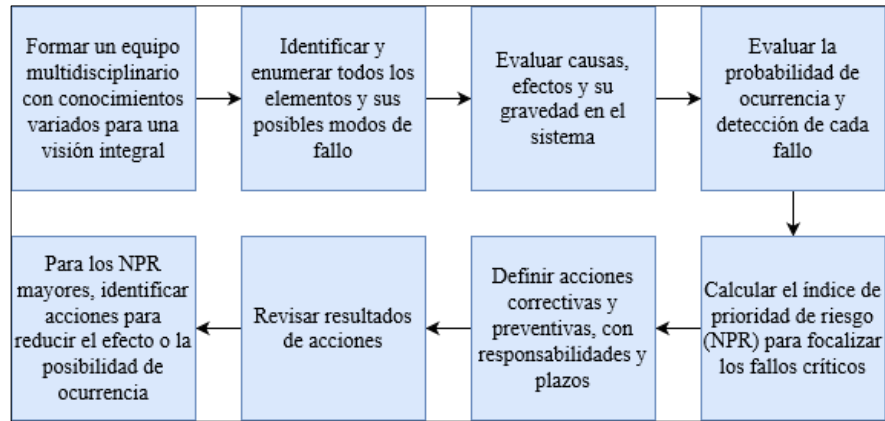


Figura 4. Actividades para desarrollar una matriz AMEF [36]

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad presente en los productos manufacturados en la empresa “TEXCODI CÍA. LTDA.”

1.4.2 Objetivos específicos




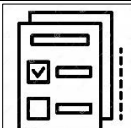
- Analizar los procesos de manufactura que caracterizan la situación actual de la empresa.
- Determinar el nivel de calidad basado en herramientas estadísticas del proceso de manufactura de la empresa.
- Implementar medidas de mejora del proceso productivo de la empresa.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales que fueron empleados en el presente estudio de investigación están detallados en la Tabla 4, la cual incluye tanto una representación visual con su descripción respectiva.

Tabla 4. Materiales del proyecto de investigación

Material	Descripción	Ilustración
Microsoft Word	Utilizado para el procesamiento de texto y desarrollo del informe final del proyecto de investigación.	
Microsoft Excel	Utilizado para el procesamiento y tabulación de datos registrados en la fase de medición.	
Minitab 18	Utilizado para el cálculo estadístico de los datos registrados.	
Hojas de registro y control	Utilizado para recolección de datos e información relevante para el desarrollo del proyecto de investigación.	

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque

La investigación se llevó a cabo a través de un enfoque cuantitativo, ya que se orientó hacia la identificación de causas y explicación del problema, mediante una recolección de datos apropiada que permitió medir los niveles de calidad en los procesos de fabricación del producto estrella, mediante el uso de herramientas propias del control estadístico de calidad.

2.2.2 Tipo de investigación

Esta investigación fue descriptiva, ya que se buscó especificar los problemas de calidad presentes en el sistema productivo de la empresa. A su vez, se pretendió recolectar información de la naturaleza del objeto de estudio, que permitió identificar la realidad de la empresa y las causas de los problemas de calidad para elaborar un plan de mejora.

2.2.3 Modalidad de la investigación

a. Investigación documental

Se utilizó esta metodología debido a que se aprovechó tanto fuentes de información primarias como secundarias, tales como investigaciones, publicaciones científicas, libros y sitios web, como: Scopus, Web of Science, Research Gate, Dialnet, Ebook Central, Ieeexplore, Scielo, Mendeley y el repositorio de la Universidad Técnica de Ambato, con el objetivo de obtener información fundamental en el campo de control de calidad y para la comparación de los resultados con otros estudios similares, asegurando así la eficacia de la información.

b. Investigación de campo

Este tipo de investigación se menciona porque se visitaron las instalaciones de la empresa textil, específicamente el área de manufactura para tener un contacto directo con el problema de estudio y recopilar datos e información real sobre el proceso, sirviendo como base para conocer la situación real del proceso.

c. Investigación transversal

Se utilizó esta investigación porque se realizó en el segundo semestre de 2023, con el fin de analizar los procesos operativos de los productos textiles ofertados por la empresa, recopilando y procesando los datos para determinar el nivel de calidad de la empresa.

2.2.4 Población y muestra

Para la presente investigación, la población de análisis se basa en una muestra de artículos manufacturados y no en los operarios del sistema productivo. En cuanto al modelo, la selección se lo realizó en base a un análisis ABC en función a la utilidad generada, para delimitar y enfocar el estudio. De esta forma, los datos tomados para evaluar el nivel de calidad del modelo se registraron durante un mes, para desarrollar un muestro representativo.

La producción del último mes fue de 60 lotes, y considerando que no existe una regla específica para establecer la frecuencia de toma de subgrupos, se optó por seleccionar un tamaño de muestra igual 20 para aplicar un muestreo sistemático a la producción en días laborales regulares.

Mediante este tipo de muestreo, se procede a indagar las diferentes fallas tomadas de las hojas de control de calidad en cada uno de los 20 lotes inspeccionados al mes. Posteriormente, se enumeran todos los elementos de la población y se extraen un número (i) al azar del total del lote, y los demás elementos se toman dependiendo del valor de k:

$$k = \frac{N}{n} \quad (30)$$

$$k = \frac{60}{20}$$

$$k = 3$$

Donde:

N: Tamaño de población

n: Tamaño de muestra

k: Intervalo de selección

De esta manera, la Tabla 5 muestra la selección del número de lote a ser inspeccionado durante la producción.

Tabla 5. Muestra y lote seleccionado

Muestra	Lote seleccionado
Punto de inicio	1
1+k = 1+3	4
1+k = 1+4	7
1+k = 1+7	10
1+k = 1+10	13
1+k = 1+13	16
1+k = 1+16	19
1+k = 1+19	22
1+k = 1+22	25
1+k = 1+25	28
1+k = 1+28	31
1+k = 1+31	33
1+k = 1+33	36
1+k = 1+36	39
1+k = 1+39	42
1+k = 1+42	45
1+k = 1+45	48
1+k = 1+48	51
1+k = 1+51	54
1+k = 1+54	57
1+k = 1+57	60

Particularmente, en el área de corte se producen lotes de 500 unidades por hora, entendiéndose que solo se destinan tres horas diarias al proceso. Entonces, el número de piezas cortas de limpión se selecciona mediante otro muestreo sistemático, de la siguiente forma:

$$k = \frac{N}{n}$$

$$k = \frac{500}{100}$$

$$k = 5$$

Por otra parte, para la toma de atributos de calidad en el área de maquila se rige en base a una inspección al 100% de la producción mensual del estudio de los 20 lotes de limpión, la cual consiste en revisar todos los artículos del lote para ser entregados al proceso posterior.

2.2.5 Recolección de información

Tabla 6. Actividades para recolección de información.

Objetivo	Actividades	Técnicas	Herramientas
Analizar los procesos de manufactura la situación actual de la empresa.	Obtención de datos esenciales de la empresa y el procedimiento de manufactura.	Entrevista	Entrevistas cerradas y fichas de recolección de datos
		Observación	
	Descripción del proceso de manufactura	Revisión documental	Motores de búsqueda académicos
		Observación	Hoja de caracterización de procesos
	Definición del objeto de estudio	Revisión documental	Registro de control diario de producción
	Identificación de problemas de calidad que se presentan en el objeto de estudio	Observación Entrevista	Lluvia de ideas
			5W-1H
	Entrevista		
Descripción de los problemas de calidad presentes en el objeto de estudio	Revisión documental	Motores de búsqueda académicos	
Determinar el nivel de calidad basado en herramientas estadísticas del proceso de manufactura de la empresa.	Determinación de la estrategia de muestreo	Revisión documental	Motores de búsqueda académicos
	Desarrollo de plan de muestreo sistemático	Planes de muestreo	Ficha de recolección de datos
	Especificación del procedimiento de medición del nivel de calidad	Método descriptivo de análisis de datos	Instructivo de plan de muestro
Implementar medidas de mejora del proceso productivo de la empresa.	Identificación de mejoras de calidad adoptadas por empresas de la índole	Revisión documental	Motores de búsqueda académicos
	Delimitación de mejoras de calidad en función a las fallas de calidad encontradas	Revisión documental	Hoja de propuesta de mejora

2.2.6 Procesamiento y análisis de datos

La información y los datos recopilados se someterán a un proceso de análisis y procesamiento de la siguiente manera:

Tabla 7. Actividades para procesamiento y análisis de datos

Objetivo	Actividades	Técnicas/Método	Herramientas
Analizar los procesos de manufactura la situación actual de la empresa.	Desarrollo de diagrama del proceso productivo de la empresa textil	Mapa de flujo de valor	Bizagi
	Desarrollo de análisis ABC para definir el objeto de estudio	Análisis exploratorio de datos	Hoja de control
	Descripción de proceso de fabricación de objeto de estudio	Análisis de texto	Microsoft Word
			Motores de búsqueda académicos
Desarrollo de selección de críticos de calidad	Tabulación de datos	Diagrama de Pareto Diagrama de Ishikawa	
Determinar el nivel de calidad basado en herramientas estadísticas del proceso de manufactura de la empresa.	Definición de fallas de calidad en el objeto de estudio	Visualización de datos	Fotografías
	Cuantificación de defectos en el objeto de estudio	Tabulación de datos	Hojas de control
			Histograma
	Análisis de mediciones mediante pruebas de normalidad	Tabulación de datos	Ficha de recolección de datos
			Minitab
	Desarrollo de estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para variables: método ANOVA	Ensayo R&R	Ficha de recolección de datos
			Minitab
	Desarrollo de estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos: método análisis de riesgo	Ensayo R&R	Ficha de recolección de datos
			Minitab
	Evaluación de variabilidad y estabilidad del proceso	Tabulación de datos	Cartas de control
Minitab			
Análisis del nivel actual de calidad del proceso	Tabulación de datos	Informe de capacidad de proceso	
Descripción de los niveles de calidad encontrados	Análisis estadístico	Informes de capacidad	
		Minitab	
Identificación de las causas raíz de las fallas de calidad en el objeto de estudio	Método descriptivo de análisis de datos Gráficos	Lluvia de ideas	
		Diagrama de Ishikawa	
		5 por qué	
Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)	Método descriptivo de análisis de datos	Matriz de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)	
Implementar medidas de mejora del proceso productivo de la empresa.	Selección de mejoras de calidad que solucionen las fallas de calidad encontradas o similares	Análisis de contenido	Motores de búsqueda académicos
	Generar propuesta de mejora para resolver las causas raíz encontradas.	Evaluación de criterio Priorización y selección	Cartas de mejora 5W – 1H

2.2.7 Metodología DMAIC – Six sigma

Para el desarrollo del proyecto six sigma se precisó de un análisis preliminar en el cual se recopile información integral sobre la organización, con el fin de determinar aspectos clave como: la gama de productos ofrecidos y las etapas del sistema productivo.

Consecuentemente, se ejecutó un análisis ABC de primer orden para categorizar los productos, empleando los registros de utilidad del departamento de ventas. Este análisis identificó al limpión como el grupo textil más rentable para la empresa, aunque este grupo abarca múltiples modelos con un proceso de fabricación similar, su diferenciación radica en la capacidad de personalización según la demanda del cliente, lo que descartó la necesidad de un análisis ABC de segundo orden para elegir un modelo específico.

Finalmente, se realizó una caracterización detallada de las operaciones productivas del objeto de estudio mediante un diagrama de flujo para entender la fabricación que sigue la empresa.

a. Fase “Definir”

En esta fase se busca identificar el propósito del proyecto six sigma y establecer objetivos medibles que reflejen las metas empresariales y las necesidades de las partes interesadas. Para lo cual, se lleva a cabo la evaluación de posibles fallos, lo que implica definir claramente el proyecto, sus metas y los resultados esperados. Se detallan las actividades, herramientas y metodologías empleadas en esta etapa inicial:

- ***Problemas de calidad del objeto de estudio***


El reconocimiento de los defectos es realizado mediante la aplicación de la lluvia de ideas o brainstorming a los involucrados directos de las áreas de corte y maquila. A esta herramienta se la aplicó en una ronda de 20 min, con un descanso de 5 min al llegar a la mitad tiempo total. De esta forma, se clasifican y homologan las ideas propuestas en función a los defectos con los que se manejan los operadores en sus hojas de registro.

- ***Determinación de los problemas de calidad***

Se desarrolla mediante el uso de un diagrama de Pareto, con el cual se clasifique los defectos en los artículos para identificar aquellos que tienen el mayor impacto negativo en los procesos de corte y maquila. Con este enfoque selectivo se buscó preservar la estabilidad de los procesos mencionados al abordar únicamente los defectos de mayor incidencia, maximizando así la eficiencia de las acciones de control implementadas.

La Tabla 8 detalla los criterios empleados en el análisis ABC y de Pareto para la clasificación de productos utilizando la proporción 80-15-5, que segmenta los modelos textiles en tres grupos distintos. Para esto, el 80% de los productos, categorizados como A, representan artículos con alta rotación y un impacto significativo en la operación. Por su parte, el 15% designado como B se encuentra en un nivel intermedio, mientras que el restante 5%, identificado como C, comprende productos de menor repercusión pero con potencial influencia en la calidad general. Esta clasificación constituye el punto de partida esencial para llevar a cabo un análisis de calidad efectivo.

Tabla 8. Criterios para clasificación

	Criterio para clasificación ABC
Categoría	Participación
A	80%
B	95%
C	100%

- ***Definición de las variables críticas de calidad (CTQ's)***

Las demandas y especificaciones de los clientes se obtienen mediante entrevistas aplicadas a las empresas más recurrentes, según la indicación de la gerente. Estos requerimientos se priorizan utilizando una puntuación establecida conjuntamente por el departamento comercial (clientes externos) y los operarios (clientes internos), y luego se transforman en Parámetros Críticos de Calidad (CTQ's) a través de una matriz de Voz del Cliente (VOC) para definir las variables, atributos y criterios que se crean de mayor incidencia.

- ***Marco del proyecto six sigma***

Se emplea una carta de proyecto por proceso para precisar los elementos clave del proyecto Six Sigma, como su título, objetivos, alcance, participantes y los resultados esperados, entre otros aspectos relevantes.

- b. Fase “Medir”***

- ***Ensayo de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) largo: Método de análisis de varianza (ANOVA)***

El análisis R&R para variables se aplica para evaluar la consistencia de las mediciones realizadas por los operadores encargados del proceso de corte. Este enfoque permite identificar cuánta variabilidad en las mediciones proviene de la repetibilidad (variación entre las mediciones hechas por un mismo operador) y cuánta de la reproducibilidad (variación entre diferentes operadores).

De esta forma, el análisis de varianza (ANOVA) se presenta como un método más efectivo para identificar y cuantificar de mejor manera todas las fuentes de variación presentes en un ensayo R&R en comparación a otros métodos, como el de análisis de medias y rangos. Por tanto, el método ANOVA desglosa la variación total en repetibilidad, reproducibilidad y variación del producto permitiendo determinar qué parte de esta variación total se debe a la consistencia de las mediciones y cuánto entre los operadores.

Dentro de este marco, la recolección de datos se llevó a cabo durante dos semanas, en las cuales se evaluaron dos veces 10 ejemplares de limpiones, con alta y baja calidad, por parte de dos trabajadores que están a cargo de esa etapa de la producción. El cálculo se basó en las siguientes pautas:

- **Involucrados para el estudio R&R:** seleccionar dos o más involucrados en la etapa de estudio.
- **Piezas por evaluar:** seleccionar un conjunto de 10 o más piezas, con características de calidad distintas por cada turno, para que sean medidas varias veces por cada operador.

- **Periodo de evaluaciones:** se recomienda realizar las mediciones con un intervalo de tiempo, debido a que por lo menos se deben realizar dos ensayos, siendo tres lo más recomendable.
- ***Ensayo de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos con método de análisis de riesgo***

Con este tipo de estudio se busca evaluar la consistencia del sistema de medición a través de las percepciones subjetivas de los operarios encargados de la etapa de maquila, quienes clasifican las piezas de limpión en dos categorías: aceptable e inaceptable, para analizar la fiabilidad del proceso de evaluación.

El método del R&R por atributos se basa en un análisis de riesgo, el cual proporciona estadísticas sobre la concordancia o discrepancia entre operarios al evaluar un número específico de limpiónes (reproducibilidad). Además, este enfoque también determina la consistencia en las decisiones tomadas por un mismo operario al evaluar la misma cantidad de piezas (repetibilidad).

Por lo tanto, para recopilar los datos necesarios se evaluaron dos veces 36 unidades de limpión con la participación de los tres operarios encargados de esta área, basándose en las siguientes pautas:

- **Involucrados para el estudio R&R:** se deben seleccionar a participantes que normalmente interactúan en el proceso, sin importar si es novato o experimentado.
- **Piezas por evaluar:** las piezas seleccionadas deben tener todo tipo de características (baja o alta calidad). Además, es recomendable optar por una muestra entre 30 y 100 unidades.
- **Periodo de evaluaciones:** es recomendable realizar el estudio como mínimo una vez por semana, debido a que por lo menos se deben realizar dos ensayos, siendo tres lo más recomendable.

- ***Prueba de normalidad para variables continuas***

Se realizaron pruebas de normalidad en las mediciones de largo y ancho para determinar si las evaluaciones de estas variables continuas siguen una distribución normal estándar. Por ende, se buscó verificar si los datos de las dimensiones del limpión, tanto ancho como largo, se ajustan a un patrón de distribución gaussiana, lo que habilitaría el uso de métodos estadísticos paramétricos que asumen la normalidad en los datos. Esta evaluación fue fundamental para asegurar la validez de los análisis estadísticos y modelos aplicados posteriormente, así como para tomar decisiones fundamentadas en la investigación sobre la calidad en la producción del producto.

- ***Análisis de variabilidad y capacidad de los procesos***

El análisis estadístico fue realizado mediante la construcción de cartas de control para variables, para el área de corte, y por atributos, en el área de maquila.

Para el caso de la etapa de corte, se utilizaron las cartas X-R porque tienen una capacidad representativa para detectar variaciones tanto en la media como en la variabilidad del proceso, monitorizando simultáneamente la media y la dispersión para ofrecer una comprensión integral de la estabilidad de los valores de ancho y largo, lo que permite identificar cambios en la calidad del corte y evaluar la consistencia del producto final. Es decir, al facilitar la detección temprana de desviaciones, esta carta asegura un control más preciso sobre la calidad y la uniformidad del limpión producido, siendo cruciales para mantener estándares óptimos en la fabricación.

Para evaluar qué tan capaz es el proceso de corte para cumplir las especificaciones, se tienen los siguientes índices de capacidad:

Índice C_p : es una métrica utilizada para evaluar la capacidad potencial de un proceso para cumplir con las especificaciones del producto, para esto se presenta la Tabla 9 en la que se categoriza al proceso en función de los valores necesarios obtenidos en la Tabla H1 del Anexo H.

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}} = \frac{Es - Ei}{6\sigma} \quad (31)$$

Donde:

E_s : Especificación superior de la variable medida.

E_i : Especificación inferior de la variable medida.

σ : representa las desviaciones estándar de los subgrupos.

Tabla 9. Valores de C_p y su interpretación [27]

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Interpretación
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p > 1,33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

- **Análisis del nivel sigma actual del proceso de corte**

El índice Z_c es una métrica utilizada para evaluar la capacidad del proceso. Así mismo, este indicador representa la relación entre la dispersión del proceso y la dispersión utilizada dentro de los límites de especificación, en otras palabras, este índice muestra cuantas veces cabe la variabilidad del proceso dentro de los límites establecidos.

Para estimar el nivel sigma del proceso de corte se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Z_c = 3 * C_{pk} \quad (32)$$

Donde:

C_{pk} : Indica la capacidad de un proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. Esta toma en cuenta la variabilidad del proceso y la distancia entre el centro del proceso y los límites de especificación. Cuanto mayor sea este indicador, mejor será la capacidad del proceso para producir dentro de los límites especificados.

- *Análisis del nivel sigma actual del proceso de maquila*

Por otra parte, las variables a estudiar en el área de maquila al ser de tipo cualitativas (atributos) se requiere del uso de cartas de control para definir si se cuentan con causas comunes o especiales. La elección de la carta de control tipo p se basa en el tipo de distribución que las variables sigan, para este caso se trata de una binomial, puesto que se tiene un criterio de “pasa” o “no pasa” por la presencia de uno o más defectos.

La estimación del nivel sigma se calcula en base a las partes por millón de oportunidades a corto plazo, mediante la siguiente ecuación:

$$PPM_c = \frac{\text{Total de unidades defectuosas}}{\Sigma \text{Tamaños de los subgrupos}} \quad (33)$$

Se debe tener en cuenta que la calidad puede ser de corto y largo plazo, de ser el caso de tener valores inmersos entre rangos, se puede utilizar el método de interpolación lineal detallada en la siguiente expresión, para encontrar el nivel sigma representado en el Anexo H, Tabla H2.

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) * (Y_2 - Y_1) \right] \quad (34)$$

Donde:

X = valor conocido a interpolar

X_1 = valor superior en tablas a X

X_2 = valor inferior en tablas a X

Y = valor desconocido a encontrar

Y_1 = valor de la derecha asociado a X_1

Y_2 = valor de la derecha asociado a X_2

- ***Índice de inestabilidad, S_t***

Es una medida que evalúa cuán estable es un proceso en términos de variabilidad y conformidad con los límites establecidos. La estabilidad en este sentido se refiere a la capacidad del proceso para mantenerse dentro de los límites especificados a lo largo del tiempo.

Una forma común de calcular el índice de estabilidad en el control de calidad es a través de la utilización de cartas de control. Estas cartas muestran la variación natural del proceso a lo largo del tiempo y permiten identificar patrones o puntos que indican inestabilidad. La fórmula general para el índice de estabilidad podría ser:

$$S_t = \frac{\text{Número de puntos fuera de los límites}}{\text{Número total de puntos}} * 100 \quad (35)$$

La clave en el análisis de estabilidad de un proceso, según la consideración del autor [27], radica en la tasa de inestabilidad. Un proceso se percibe como eficaz cuando su tasa de inestabilidad se mantiene en el rango del 0% al 2%, indicando una estabilidad aceptable. En el intervalo del 2% al 5%, la inestabilidad se clasifica como regular, señalando áreas que podrían beneficiarse de mejoras. No obstante, cuando la tasa de inestabilidad supera el 15%, se alerta sobre una inestabilidad significativa que podría comprometer la utilidad práctica de la carta de control.

c. Fase “Analizar”

El desarrollo de esta etapa se basó en el reconocimiento de las causas raíz de los problemas de calidad presentes en las dos áreas de procesos estudiadas. De esta forma, se aplicaron técnicas como: lluvia de ideas, 5 Por qué y la matriz de modo y efecto de falla (AMEF).

- ***Definición de los factores potenciales.***

Los factores potenciales fueron identificados mediante el uso de la lluvia de ideas, para lo cual se realizó una sesión con 15 min de duración con los involucrados por cada área de estudio. Posteriormente, se llevó a cabo una discusión con los participantes con el fin de identificar los factores más representativos que provocan problemas de

calidad en el producto, consiguiendo desestimar aquellos factores que no aportan a la investigación por no tener una relación directa con el defecto de estudio. Por último, estos factores son clasificados en base a las M's de calidad por medio del diagrama Ishikawa.

- ***Análisis de los factores potenciales***

Para desarrollar este análisis se aplicó los 5 por qué, debido a que esta herramienta se centra en profundizar los factores potenciales, definidos en la actividad anterior, para encontrar la raíz del problema. Para esto, se entregó un formato a los mismos participantes que llenen con la información requerida en función a la presencia de los defectos propios a cada etapa de la producción.

- ***Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)***

La identificación objetiva de los factores potenciales de la etapa anterior da paso a aplicar un AMEF para identificar, caracterizar y evaluar el riesgo potencial en base al número de prioridad de riesgo (NPR), que se menciona que este depende de la probabilidad de ocurrencia de las fallas, así también como su forma de detección y modo de efecto [36]. La Figura 4, muestra un resumen de las actividades realizadas para el desarrollo de este análisis.

El indicador NPR es una métrica utilizada para priorizar las acciones que se tomaron a cabo para disminuir el defecto y su posibilidad potencial de ocurrencia. Para lo cual, la siguiente expresión se utiliza para el cálculo de esta métrica, que puede estar entre valores de 1 a 1000:

$$NPR = Severidad (S) * Ocurrencia (O) * Detección (D) \quad (35)$$

Donde:

Severidad (S): evalúa el grado de impacto que un fallo o problema podría tener en el producto o proceso.

Ocurrencia (O): representa la probabilidad estimada con la que un fallo específico podría manifestarse en el producto o proceso.

Detección (D): evalúa la capacidad del sistema para identificar o detectar un problema antes de que afecte al proceso o producto final.

Finalmente, la interpretación del NPR se lo realizó en base a la escala valorativa presentado en la Tabla 10, para definir las acciones a priorizar y enfocar los esfuerzos para disminuir o eliminar las causas más significativas.

Tabla 10. Nivel de riesgo [36]

NPR	Nivel de riesgo
500 – 1000	Riesgo de falla alto
125 – 499	Riesgo de falla medio
1 – 124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

d. Fase “Mejorar”

Para esta etapa se presentan propuestas enfocados en la mejora continua, con el objetivo de tratar los problemas identificados durante las fases previas de la metodología DMAIC, y de esta forma disminuir, y en el mejor de los casos, eliminar la variabilidad que hace que los procesos sean críticos.

- ***Cartas 5W-1H para propuestas de mejora***

Las causas raíz identificadas mediante el análisis AMEF tratan de ser mitigadas mediante la propuesta de soluciones que siguen una estructura en base a las cartas 5W-1H, con las cuales se busca encontrar un propósito, razones, lugar, secuencia, personas involucradas y método.

- ***Desarrollo de propuestas de mejora***

Para esta etapa se consideraron las soluciones aportadas por los involucrados directos de estos problemas, como el jefe de producción y las operarias.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de la situación actual del proceso productivo de la empresa

3.1.1 Antecedentes

“TEXCODI CÍA. LTDA.” es una empresa textil dedicada a la fabricación de prendas de vestir para la venta local y nacional. Fundada por un grupo de emprendedores con una pasión compartida por la moda y la innovación en el año 2011, la empresa comenzó su camino en un pequeño taller ubicado en la parte sur de la ciudad de Ambato, con una modesta inversión y una gran visión.








La empresa se encuentra en una búsqueda constante de la mejora de sus procesos con el firme compromiso de elevar sus estándares de calidad. Para lo cual, han tomado la decisión de buscar una forma de implementar un enfoque continuo en la optimización de sus operaciones, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados.

En esta búsqueda de la calidad, la empresa realiza controles poco claros y no estandarizados empezando por la administración y en las etapas del proceso de producción, desde la inspección de las materias primas entrantes hasta las pruebas finales de los productos terminados, sin embargo, en base de su experiencia se aseguran de que cada producto que sale de sus instalaciones cumpla con las expectativas más exigentes de los clientes.

3.1.2 Datos de la empresa

A lo largo de la última década, “TEXCODI CÍA. LTDA.” ha experimentado un crecimiento constante y ha consolidado su reputación como un proveedor de productos de alta calidad que supera las expectativas de sus clientes. Para obtener una visión más detallada de la empresa, se presenta la Tabla 11, la cual proporciona información general relevante.








Tabla 11. Información general de TEXCODI CÍA. LTDA.

		Información general			
Razón social:	TEXCODI CÍA. LTDA.				
RUC:	1891742599001				
Gerente general:	Clara María Tamayo Giraldo				
Cientes principales:	La casa del toldo		Textiles Roxana		
	Distribuidora María Auxiliadora		Comercializadora Don Prospero		
Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU)					
Objeto social:	Importación, producción, exportación, distribución, representación y comercialización de textiles.				
CIU G46:	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas.				
CIU G4641.11:	Venta al por mayor de hilos (hilados), lanas y tejidos (telas).				
Organigrama funcional					
 <pre> graph TD GERENCIA[GERENCIA] --> Administracion[Administración] GERENCIA --> Produccion[Producción] GERENCIA --> Ventas[Ventas] Administracion --> Contabilidad[Contabilidad] Contabilidad --> Finanzas[Finanzas] Produccion --> JefeProduccion[Jefe de producción] JefeProduccion --> Bodeguero[Bodeguero] Bodeguero --> Obreros[Obreros] Ventas --> Asistente[Asistente] Asistente --> AtencionCliente[Atención al cliente] </pre>					
Ubicación y contacto					
Provincia:	Tungurahua	Cantón:	Ambato		
Dirección:	José Peralta y Julio Zaldumbide	Referencia:	Junto a la discoteca LOV		
Celular:	0992754222	E-mail:	claramt4@gmail.com		
Ubicación geoespacial:					

3.1.3 Productos ofertados

La empresa actualmente fabrica y comercializa distintos modelos de prendas textiles en varias líneas, con las que consiguen satisfacer las demandas de temporada. En la Tabla 12, se presentan los artículos fabricados por la empresa como marco necesario para comprender la variedad, calidad y características de los artículos.

Tabla 12. Productos ofertados

		Listado	
N°	Producto	Descripción	Gráfico
1	Limpión o trapo de cocina	Paño de tela utilizado para limpiar y secar superficies y utensilios en la cocina.	
2	Toalla de baño	Es una toalla grande diseñada para secar el cuerpo después de ducharse o bañarse.	
3	Bata de baño	Prenda de vestir diseñada para ser usada después de ducharse o bañarse.	
4	Ropa deportiva	Prendas de vestir diseñadas específicamente para ser usadas durante la práctica de actividades físicas y deportivas.	
5	Calcetines	Prendas de vestir que se usan para cubrir y proteger los pies y, a veces, las piernas.	
6	Sábanas	Piezas de tela que se utilizan para cubrir el colchón de una cama y proporcionar un lugar cómodo y limpio para dormir.	

Conocer los productos textiles que la empresa ofrece es de suma importancia, ya que estos son la columna vertebral de su negocio, por lo que comprender en detalle la gama de artículos disponibles posibilita a la empresa identificar oportunidades de mercado,

definir estrategias de comercialización específicas y adaptar sus operaciones de producción y logística de manera eficiente. Además, este conocimiento profundo de los productos permite satisfacer mejor las necesidades y expectativas de sus clientes, ya que puede proporcionar asesoramiento y soluciones específicas basadas en las características únicas de cada artículo.

Asimismo, esta información es fundamental para la toma de decisiones relacionadas con la expansión de la línea de productos, la inversión en investigación y desarrollo, y la gestión de calidad, contribuyendo en última instancia a la rentabilidad y la competitividad sostenible de la empresa en el sector textil.


No obstante, la realización de un análisis en profundidad de los productos textiles ofrecidos por una empresa brinda la oportunidad de interpretar los resultados de manera estratégica. Al aplicar herramientas analíticas como el análisis ABC, es posible categorizar los productos en función de su importancia relativa para el negocio, lo que conlleva una interpretación crítica de los datos, permitiendo la identificación de aquellos productos que tienen un alto impacto en los ingresos, costos de producción y la rentabilidad en comparación con otros.

Finalmente, este análisis puede revelar patrones de calidad específicos en la cartera de productos, facilitando la identificación de áreas de mejora y la asignación de recursos para abordar deficiencias de calidad. Esta interpretación informada de los resultados es fundamental para la toma de decisiones estratégicas, permitiendo a la empresa enfocar sus esfuerzos y recursos en la optimización de los productos clave y la mejora continua de la calidad en función de datos concretos y análisis precisos.

3.2 Determinación de la línea de producción textil para el diagrama de Pareto

Partiendo con un análisis de ventas a partir del periodo comprendido entre enero del 2022 a julio del 2023, proporcionado por el departamento respectivo. Se presenta a continuación en la Tabla 13, los registros de ventas de los últimos 19 meses, con el fin de determinar la línea de productos que represente la mayor demanda e ingreso económico a la empresa y donde se delimitará la investigación. Además, cabe mencionar que las ventas se realizaron por docenas.

Tabla 13. Registro de ventas mensual

		Registro de venta mensual por docenas					
		Batas	Limpión	Toallas de baño	Calcetines	Ropa sublimada	Sábanas
2022	Enero	5,00	72,00	46,00	11,00	-	5,00
	Febrero	83,00	80,00	67,00	31,00	-	1,00
	Marzo	4,00	85,00	31,00	4,00	-	-
	Abril	12,00	95,00	40,00	14,00	-	3,00
	Mayo	3,00	60,00	22,00	14,00	-	1,00
	Junio	2,00	63,00	42,00	4,00	-	-
	Julio	5,00	85,00	50,00	74,00	-	-
	Agosto	3,00	102,00	40,00	99,00	7,00	1,00
	Septiembre	3,00	104,00	67,00	12,00	-	4,00
	Octubre	24,00	91,00	14,00	6,00	-	-
	Noviembre	2,00	61,00	32,00	3,00	-	3,00
	Diciembre	223,00	85,00	77,00	1,00	132,00	51,00
2023	Enero	19,00	64,00	63,00	7,00	-	-
	Febrero	11,00	59,00	13,00	6,00	-	5,00
	Marzo	4,00	52,00	76,00	74,00	-	-
	Abril	4,00	39,00	61,00	34,00	-	-
	Mayo	2,00	18,00	51,00	61,00	-	-
	Junio	3,00	42,00	59,00	1,00	-	-
	Julio	2,00	108,00	105,00	2,00	-	-
Total		414,00	1365,00	956,00	458,00	139,00	74,00

El histórico de ventas presentado anteriormente es de gran relevancia para la toma de decisiones estratégicas y la gestión eficiente de la empresa, puesto que este extenso período de registro proporciona una perspectiva sólida que permite realizar un análisis detallado de las tendencias y patrones de ventas a lo largo del tiempo.

Al tener datos de ventas desglosados por líneas de producción individuales, se puede evaluar el rendimiento relativo de cada línea y su contribución a los ingresos totales, lo que ayuda en la asignación de recursos y en la toma de decisiones sobre la expansión, reestructuración o ajuste de la producción. Además, con la información del histórico de ventas se puede realizar un primer juicio de la línea que posee una mayor demanda en comparación con las otras, lo que lleva a mencionar que el primer lugar se lo lleva el limpión, y completando los otros dos lugares se tiene a la toalla de baño y calcetines.

Una vez terminado la recopilación de datos históricos, se procedió a seguir las recomendaciones mencionadas en [27] para el desarrollo del análisis ABC en base a los criterios de clasificación mencionados en la Tabla 8, con el cual se consiguió definir la línea de producción estrella, mediante el cálculo del porcentaje de participación individual y acumulada, enfocado en la utilidad generada, para posteriormente representar visualmente en el diagrama respectivo, como se muestra en la Figura 5.

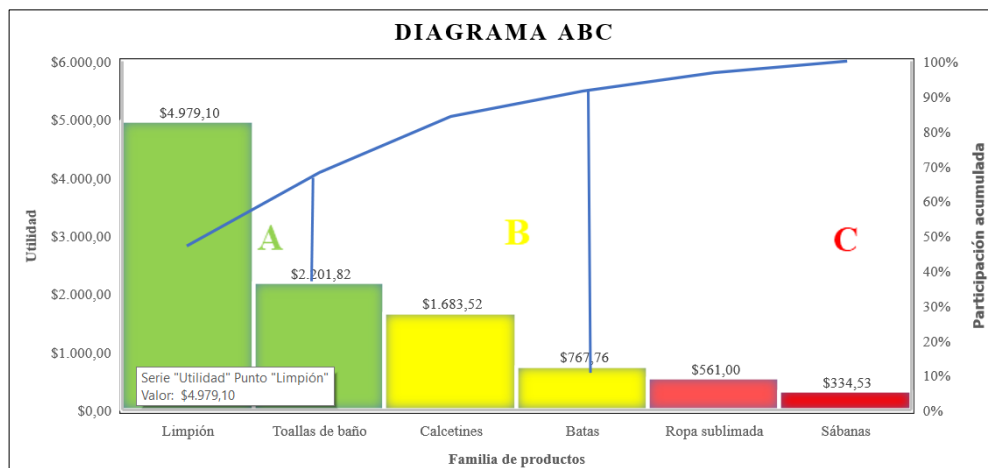


Figura 5. Diagrama de Pareto para la línea de productos

Análisis:

Con forme a la representación visual del análisis ABC presentado en la Figura 5, se evidencia que las líneas textiles del limpión y toallas de baño representan el 68,21% en participación de las utilidades generadas, perteneciendo así a la categoría A. En cuanto a la categoría B, se tienen a los calcetines y batas con una participación acumulada igual a 91,49%. Finalmente, se tienen las líneas de productos de ropa sublimada y sábanas cuya participación acumulada es mayor al 95%, y por tanto, pertenecen a la categoría C.

Discusión:

Aunque la empresa cuenta con dos líneas de productos en la categoría A, el análisis para el objeto de estudio se concentrará en el proceso de producción de limpiones. La elección de enfocar la investigación en el limpión en lugar de las toallas de baño se basa en criterios económicos y estratégicos sólidos, puesto que se ha determinado que

los limpienes generan una mayor contribución a los ingresos económicos totales (siendo el doble). Es importante mencionar que las toallas de baño únicamente son comercializadas por la empresa, es decir, que no existe un proceso de manufactura tal cuál para las toallas de baño, a parte de la compra y posterior venta.

Además, dado que los recursos de la empresa son limitados, concentrar los esfuerzos de investigación en el producto con la mayor demanda y rentabilidad, representa la estrategia empresarial sólida acertada que permitirá maximizar resultados y optimizar la eficiencia de los procesos de producción y comercialización [25].

No obstante, los modelos de la categoría B podrían indicar que no existen productos intermedios cuya calidad deba ser rigurosamente supervisada, pero esto también podría requerir una evaluación detallada de oportunidades de diversificación. Por último, los productos en la categoría C, al ser múltiples y de menor valor, deben ser gestionados eficientemente para evitar pérdidas financieras debido a defectos de calidad y para optimizar los costos de calidad asociados a su producción [26].

3.2.1 Características del objeto de estudio

La empresa cuenta con un total de 33 modelos de limpión, los cuales van siendo producidos en base a la demanda, como es de esperarse. Sin embargo, existe un modelo que se ha fabricado con más frecuencia y simplicidad en sus procesos, por lo que el objeto de estudio se centró en el modelo de limpión denominado por la empresa como “8000.1”.

La producción de este modelo fue reanudada a partir de julio de 2023, y sus dimensiones se estandarizan en 30x30 centímetros. Además, este artículo está confeccionado principalmente con tela que posee una composición del 95% algodón y un 5% de poliéster y generalmente no va con diseños sublimados y si, con una variedad de colores. La Figura 6, muestra el objeto de estudio calificado como de buena calidad.



Figura 6. Limpión modelo 8000.1

3.2.2 Descripción del proceso productivo de la línea de estudio

El diagrama de flujo de la Figura 7, presenta la estructura operativa que se lleva a cabo para la producción de cualquier modelo de limpión. Este mapa es esencial para conocer cómo se desarrollan las actividades de manufactura y como garantizan la eficiencia, calidad y consistencia en la fabricación de los modelos al seguir una línea estandarizada del ritmo de producción. A continuación, se detallan los aspectos técnicos del diagrama mencionado:

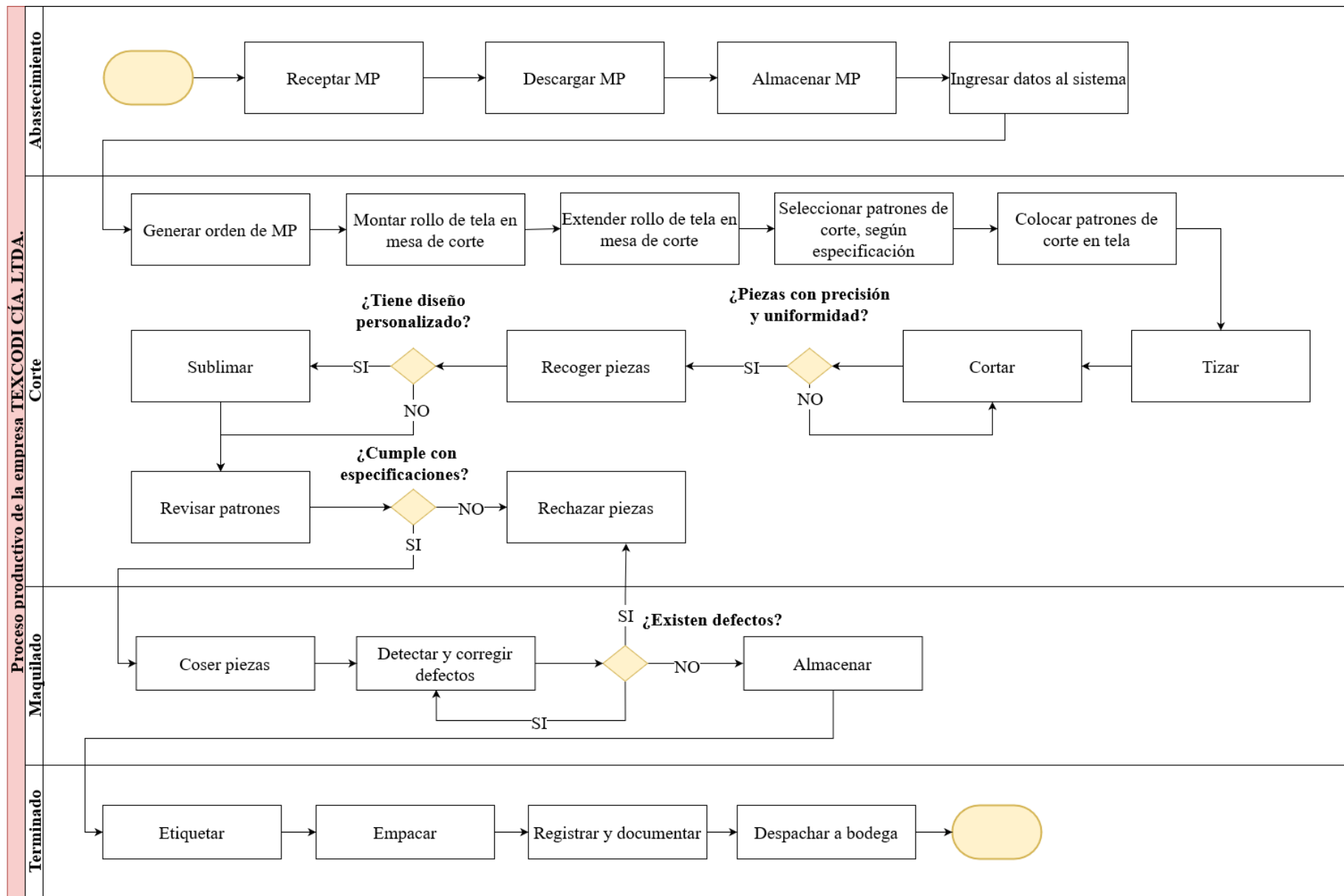


Figura 7. Diagrama de flujo de la línea de estudio

En el contexto del taller de la empresa, se restringe el análisis a la producción del objeto de estudio, el limpión. Cabe destacar que, en el ámbito de estos artículos, existe una diversidad de modelos y dimensiones para confeccionar, lo que implica una variabilidad en el proceso de producción. Dicho cambio puede manifestarse en términos de los materiales empleados, el aumento o disminución de las actividades llevadas a cabo durante el proceso, maquinaria utilizada, personalización del producto y otros aspectos relevantes.

a. Abastecimiento

Esta área desempeña un papel fundamental en la cadena de suministro de la empresa y está compuesta por una serie de actividades que garantiza la disponibilidad y la calidad de la materia prima a usar. Entre estas actividades, destacan la recepción, la descarga y el almacenamiento de los materiales esenciales.

La recepción implica la verificación de la mercancía entrante, asegurando que se corresponden con las especificaciones y cantidades solicitadas. La descarga, por su parte, implica la manipulación y transferencia segura de los materiales desde los vehículos de transporte a las áreas de almacenamiento designadas. El almacenamiento adecuado es esencial para preservar la integridad y la calidad de la materia prima hasta su utilización en la producción, mediante una orden desde la etapa siguiente.

b. Corte

Una vez que se emite la orden de producción, esta es supervisada por el jefe de bodega para revisar y despachar los rollos de tela que posteriormente pasan a ser montados y extendidos en la mesa de la máquina de corte. El operador coloca los patrones de corte en los rollos de tela y procede a utilizar la máquina.

Al terminar el corte, las piezas son inspeccionadas visualmente por el jefe de producción y el operador, y si no hubiera algún problema con estas se las recoge y coloca en las perchas de productos cortados; en el caso de ser limpiones personalizados, se las lleva a la máquina sublimadora.

Cuando ya se termina con la etapa de corte, la orden es devuelta al jefe de producción quien ingresa la información de las piezas disponibles y envía la ficha a la maquila si no han sido desechadas como material de segunda.

c. Maquilado

Esta etapa es realizada en un taller externo a la empresa, la cual se encarga de la costura de las piezas individuales, un proceso que exige precisión y destreza para asegurar la confección correcta de los productos textiles. Posteriormente, se realiza una minuciosa detección y corrección de defectos en las prendas con el fin de garantizar que cumplan con los estándares de calidad requeridos.

A continuación, se lleva a cabo una inspección visual nuevamente para verificar la integridad de las costuras, la ausencia de imperfecciones y la calidad general de las prendas. Finalmente, los productos son almacenados de manera adecuada hasta su posterior envío al taller principal, y de ser el caso se acumula con el material rechazado.

d. Terminado

En esta etapa se procede a colocar etiquetas de los productos con información relevante, como códigos de barras, modelo, precios y otras etiquetas identificativas. Luego, se lleva a cabo el proceso de empaque, donde los productos son cuidadosamente acondicionados de acuerdo con las especificaciones del pedido y los estándares de presentación de la empresa. A lo largo de esta fase, se registra detalladamente toda la información necesaria, como cantidades, diseños y destinos, para mantener un control adecuado del inventario y facilitar la trazabilidad.

Finalmente, una vez que los productos están completamente preparados, son despachados a la bodega de almacenamiento desde donde se gestionarán las ventas, cumpliendo así con los requisitos logísticos para satisfacer las demandas del mercado de manera eficiente.

Análisis

La Figura 7, presenta un diagrama de flujo que muestra las cuatro etapas de producción del limpión y sus actividades de valor. En el área de abastecimiento, no se lleva a cabo

inspección de materia prima debido a restricciones de costos, especialmente por el tamaño de la empresa, por otro lado, el proceso de corte varía según las especificaciones y personalización requeridas por el cliente. La fase de maquilado se subcontrata a un taller externo para la confección del artículo. Por último, en la etapa de terminado, los productos terminados se etiquetan y se preparan para su comercialización, tras ser traídos de la fase previa.

Discusión:

Al entender que la calidad es un factor fundamental en el éxito de cualquier empresa, y el sector textil no es una excepción y como tal, los clientes esperan que los productos ofertados sean de alta calidad. De esta forma, en el proceso de manufactura de limpión de la Figura 7, hay dos etapas que son consideradas críticas para la calidad del producto final, siendo estas el corte y maquila, puesto que ahí se definen las características físicas del limpión [28].

La razón de considerar críticas a estas etapas del proceso de manufactura del limpión se fundamenta en la necesidad de atender con meticulosidad las características físicas inherentes al artículo en cuestión, ya que el corte se debe realizar de forma precisa para garantizar que el limpión tenga el tamaño y la forma correcta [13], y en cuanto a la maquila, se debe realizar de forma cuidadosa para garantizar que el artículo este bien cosido y que no tenga algún defecto.

Los problemas de calidad en estas etapas pueden ser muy costosos de corregir, por ejemplo, si un limpión tiene un tamaño incorrecto, puede ser necesario desecharlo o refabricarlo y en el caso de que se tengan costuras defectuosas, puede ser necesario repararlo o reemplazarlo [18]. En resumen, son las etapas más susceptibles a los cambios por el hecho de que cuentan con varios modelos y, dependiendo de la demanda de sus clientes, los patrones de los limpiones pueden cambiar con frecuencia, lo que puede requerir también cambios en los procesos de corte y maquila.

Por estas razones, es importante que la empresa utilice una metodología de mejora continua para identificar y resolver los problemas de calidad en sus etapas de producción. Es así como el estudio [20], utilizó la metodología DMAIC para mejorar la calidad en el proceso de corte de prendas de vestir en una empresa ecuatoriana. Para

el desarrollo de este se planteó un marco estructurado que permita abordar los problemas presentes en su línea de manufactura que generan defectos en los productos, lo que ayudó a que el proceso de corte reduzca su tasa de defectos de 15% a 5% y que en general, la etapa aumente su productividad del 46% a 60%, cumpliendo así el objetivo propuesto.

Por último, es de suma importancia destacar que la ausencia de un registro formal de producción en la empresa plantea un desafío significativo en la evaluación objetiva de las cantidades producidas y como tal, de los defectos de calidad. En consecuencia, la falta de la documentación dificulta la medición precisa del rendimiento y la identificación de patrones específicos de producción y defectos en los artículos [22].

A pesar de esta carencia, se ha llevado a cabo un esfuerzo diligente para trabajar con la información disponible. Esto significa que se utilizaron los datos disponibles para realizar un análisis de calidad en el producto a estudiar, si bien los resultados no son totalmente precisos, proporcionan una idea general de la situación.

3.3 DEFINIR

Para esta etapa se han establecido los procesos de corte y maquila como elementos críticos dentro de la producción de la empresa, destacando que su personal ha observado la presencia de fallas y defectos en los productos al ejecutar sus actividades, los cuales han sido señalados tanto por los operarios internos como por los clientes externos que adquieren los artículos. Para abordar esta problemática, se ha iniciado una revisión exhaustiva mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma [27], específicamente el enfoque DMAIC, con el objetivo de analizar y resolver eficazmente los problemas relacionados con el proceso de corte y maquila.


3.3.1 Lluvia de ideas o Brainstorming

Para identificar los problemas de calidad más recurrentes en el proceso de corte y maquila en la fabricación de limpiones, se aplicó la técnica de la lluvia de ideas con los trabajadores involucrados en cada área. Esta técnica se planteó con el tema: “Problemas en el puesto de trabajo que generan defectos de calidad en el producto”.

En cuanto a los puntos de vista obtenidos de los participantes en la aplicación de esta técnica, se presentan en el Anexo A.

Así también, la Tabla 14 y Tabla 15 agrupan un resumen de las ideas sobre los defectos más comunes a percepción de los participantes, las cuales fueron homologados en torno a los defectos ya conocidos por la empresa para evitar cualquier tipo de ambigüedad sobre los problemas de calidad percibidos en los procesos bajo estudio.

Tabla 14. Lluvia de ideas del área de corte

	Lluvia de ideas
Tema:	Problemas en el puesto de trabajo que generan defectos de calidad en el producto
Área:	Corte
Defectos de calidad	
Dimensiones inadecuadas	
Cortes dentados o aserrados	
Sobre corte	
Desgarros en el tejido	
Marcas de tizado	

Análisis:

En un primer vistazo de la Tabla 14, la lluvia de ideas del área de corte fue una herramienta efectiva para identificar los defectos más comunes, teniendo en este caso un total de 5 problemas de calidad, puesto que al involucrar a todos los miembros del equipo se pudo obtener una visión completa de los posibles defectos y sus causas. Además, homologar los defectos con los que ya conoce la empresa fue importante para asegurar la relevancia de los defectos seleccionados para posteriormente medir y controlarlos de manera efectiva.

En contexto, el defecto denominado "dimensiones inadecuadas" engloba una serie de irregularidades correspondientes a las variaciones en las proporciones, como corte incorrecto, incompleto, irregular y distorsionado; estas variaciones resultan de desviaciones respecto a las especificaciones de corte establecidas.

Por otro lado, el corte incorrecto se refiere a discrepancias en la forma deseada, mientras que el corte incompleto indica que la pieza no se ha separado adecuadamente del material base. Y por último, el corte irregular abarca variaciones no uniformes en

la forma, y el corte distorsionado implica deformidades en la estructura original del patrón de corte.


Discusión:

La situación de que solo se tengan 5 defectos comunes en el área de corte del limpión es una situación positiva, ya que significa que los defectos más comunes son relativamente fáciles de identificar y corregir, lo que puede ayudar a la empresa a reducir los costos de producción y mejorar la calidad del producto[15].

Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen otros defectos que pueden ocurrir en esta área, y que estos defectos pueden ser más difíciles de identificar y corregir [29]. Por ejemplo, la empresa no cuenta con el equipo necesario para comprobar que la materia prima cuente con las especificaciones necesarias como el porcentaje de algodón y poliéster, así como con otras características físicas y químicas que son sinónimos de durabilidad [3]

En el caso particular de la empresa, la identificación de estos cinco defectos representa un paso importante para mejorar la calidad de sus productos y posteriormente para implementar medidas de prevención de estos defectos.

Tabla 15. Lluvia de ideas del área de maquila

	Lluvia de ideas
Tema:	Problemas en el puesto de trabajo que generan defectos de calidad en el producto
Área:	Maquila
Defectos de calidad	
Hilos sueltos o no rematados	
Costuras dobles	
Piezas arrugadas o dobladas	
Muecas o raspaduras en las piezas	

Análisis:

Desde una perspectiva técnica, la situación presenta una serie de desafíos en el proceso de maquila que deben abordarse con diligencia, ya que la identificación de los defectos (Tabla 15) indican posibles problemas en la ejecución de las tareas de costura, manipulación de tejidos y control de calidad.

Para iniciar, la presencia de hilos sueltos puede sugerir un control inadecuado de la tensión durante la costura, mientras que las costuras dobles podrían indicar problemas en la programación o ajuste de las máquinas de coser. En cuanto a la aparición de piezas arrugadas y dobladas señala desafíos en el manejo y almacenamiento de los rollos de tela y, por último, las muescas en el tejido apuntan a posibles problemas en la manipulación y corte de los materiales, como problemas con las máquinas de coser y sus elementos, como las agujas.

Discusión:

Los defectos de calidad en el área de maquila, en su conjunto, poseen el potencial de comprometer la integridad y estética de los productos finales, por lo que la atención detallada a cada uno de estos aspectos durante la manufactura se vuelve imperativa para garantizar la conformidad con los estándares de calidad establecidos [2], y para satisfacer las expectativas de los clientes en términos de calidad y presentación estética.

Los defectos presentados de las dos áreas de estudio en conjunto cuentan con características propias para ser catalogados en dos grupos medibles, como son por variables o cuantitativas y atributos o cualitativos [27]. Es decir, los problemas como dimensiones inadecuadas, piezas arrugadas, desgarros, cortes dentados y muescas se pueden medir como variables, mientras que los problemas como hilos sueltos, costuras dobles, tejidos superpuestos y sobre corte se pueden evaluar como atributos.

Con base en el estudio [33], se tuvo como objetivo cuantificar los problemas de producción según la cantidad de ocurrencias de defectos en sus productos textiles para garantizar la calidad. Para lo cual se identificó los puntos críticos mediante la recolección de datos e inspección en la cadena y el posterior análisis estadístico, haciendo uso del diagrama de Pareto. La información recolectada permitió detectar patrones de defectos en la producción y toma de medidas que sirvan como punto de partida para reconocer la problemática en la cual se deben enfocar los esfuerzos para asegurar que las prendas cumplan con los estándares de calidad exigidos por sus clientes.

3.3.2 Descripción de defectos

La Tabla 16 y Tabla 17 proporcionan una descripción de las deficiencias del producto generado según la experiencia de los participantes y el registro de cada área de estudio, lo que permite identificar visualmente los problemas de calidad en el artículo. Posteriormente, se ponderan y categorizan los defectos para establecer una base de datos cuantitativa que permita analizar y seguir la calidad durante un periodo de tiempo determinado.

Tabla 16. Descripción de defectos del área de corte


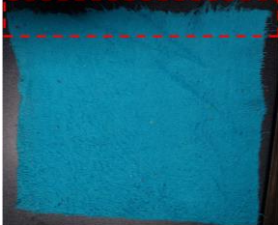
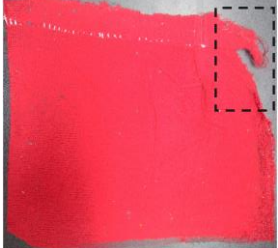
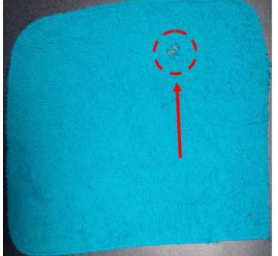
Defecto	Descripción	Gráfico
Dimensiones inadecuadas	Las piezas después de ser cortadas por la máquina no tienen longitudes consistentes o uniformes, situación que puede ser provocada por no estirar bien el rollo o por algún problema de la máquina.	
Cortes dentados o aserrados	Generalmente ocurren porque la máquina presenta desgaste en las cuchillas o porque el operador sacó la pieza antes de hora.	
Sobre corte	Se refiere a que las piezas de tela se han cortado más allá de las dimensiones o límites requeridos.	
Desgarros en el tejido	Se refiere a la presencia de rasgaduras o rupturas no deseadas en la tela provenientes desde la adquisición de la materia prima.	

Tabla 16. continuación

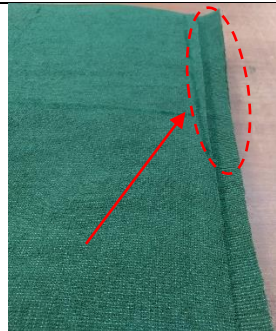
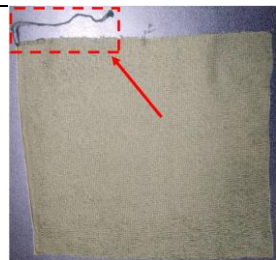
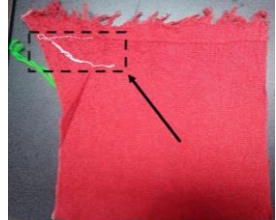
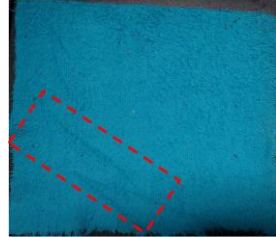
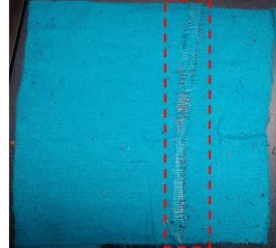
Defecto	Descripción	Gráfico
Marcas de tizado	Manchas provocadas por el mal trazado del patrón del modelo. Se utilizan esferos o marcadores, debido a que si se utiliza tiza como tal, esta se borra y la máquina no detecta la guía de corte.	

Tabla 17. Descripción de defectos del área de maquila

Defecto	Descripción	Gráfico
Hilos sueltos o no rematados	Implica que los hilos no se han tejido o cosido de manera segura en el borde o la superficie, lo que resulta en hilos colgantes o sueltos que pueden afectar la apariencia.	
Costuras dobles	Dos costuras paralelas o superpuestas han sido realizadas en una misma ubicación en la tela del producto.	
Piezas arrugadas o dobladas	Las piezas de tela resultantes presentan arrugas o pliegues no deseados.	
Muecas o raspaduras en las piezas	Se refiere a la presencia de pequeñas hendiduras, cortes o áreas dañadas en la tela provocados por la rotura de la aguja de costura.	

Una vez identificados y descritos los defectos de calidad generados por cada área, se procede a recopilar los datos disponibles otorgados por la empresa para analizar la frecuencia de aparición durante un período de tres meses de producción, lo que resulta

esencial para identificar los fallos potenciales que requieren atención y mejoras en el proceso. Además, es crucial que los fallos que se consideren y recolecten sean cuantificables y medibles, ya que esta información servirá como base sólida para las etapas posteriores del estudio.

3.3.3 Diagrama de Pareto para definición de defectos de calidad

Para diseñar los diagramas de Pareto de los defectos en las dos etapas de producción del limpión de "TEXCODI CÍA. LTDA.", se emplean los datos estratificados de cada área por separado, con el propósito de destacar y priorizar los problemas menos comunes, pero más influyentes en el área de corte y maquila, ya que la finalidad es enfocar los esfuerzos de mejora de manera efectiva en aquellos aspectos que tienen un mayor impacto en la calidad del producto. Los datos fueron tabulados mediante un análisis realizado en el software Minitab.

a. Cuantificación de defectos de calidad en el área de corte

Para la definición de los problemas de calidad en el proceso de corte se tomaron las frecuencias de aparición de defectos en base a los registros con los que se maneja la empresa, los cuales pertenecían al periodo trimestral de julio-septiembre 2023. Por lo que, para tabular los datos se utiliza el diagrama de Pareto para identificar aspectos críticos, como se ha hecho anteriormente. Este enfoque define claramente el alcance del proyecto Six sigma, fortaleciendo la fiabilidad de los resultados y que la delimitación se oriente a las decisiones para resolución de desafíos identificados.

Particularmente la Figura 8, contiene la tabulación de los cinco defectos del área de corte en función a la frecuencia de aparición.

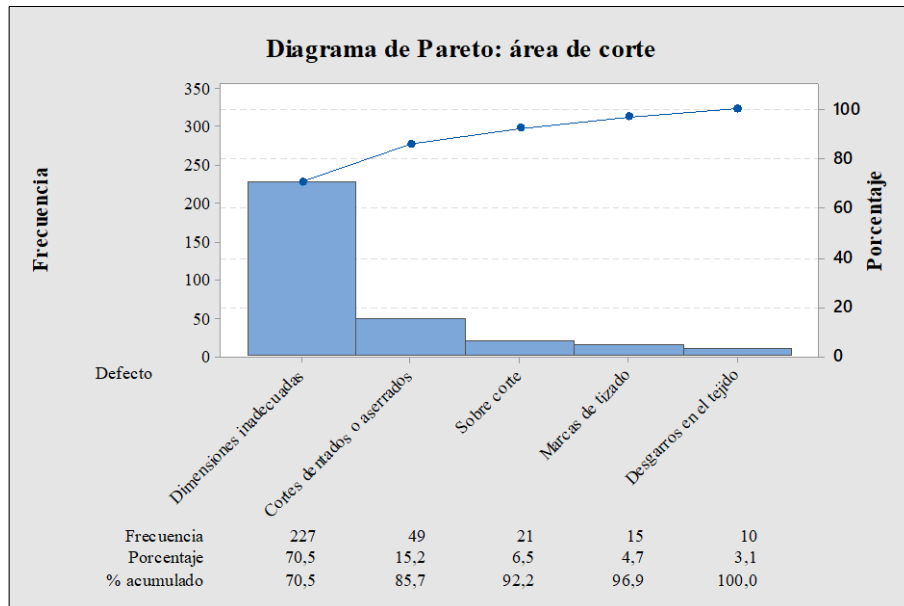


Figura 8. Cuantificación defectos del área de corte

Análisis:

La Figura 8, muestra el diagrama de Pareto de la frecuencia y el porcentaje de defectos en el área de corte y en esta se evidencia que el tipo de defecto más común es el de “dimensiones inadecuadas”, que representa el 70,5% de todos los defectos acumulados. Así pues, los siguientes defectos más comunes son los “cortes dentados”, que representan el 15,2%, y el “sobre corte” con un 6,5%. Y por último, se tienen los otros dos tipos de defectos, las “marcas de tizado” y “desgarros en el tejido” los cuales fueron relativamente poco comunes, representando el 4,7% y el 3,1%, respectivamente. En base a la Tabla 8, se elige el defecto de “dimensiones inadecuadas” para su estudio por pertenecer a la categoría A.

Discusión:

El inconveniente de calidad identificado como poco crítico en la zona de corte se relaciona con las dimensiones inadecuadas, atribuibles a una falta de control en el método de corte y al deterioro o manejo deficiente de la maquinaria empleada en este proceso, resultado de una supervisión deficiente y una inspección insuficiente de esta fase [27]. Conforme a la investigación acerca de los procesos fundamentales de corte, el cumplimiento de las dimensiones del artículo producido depende directamente de la

precisión del operador durante la ejecución de sus tareas, y por ende, de la calidad del proceso de manufactura [30].

b. Cuantificación de defectos de calidad en el área de maquila

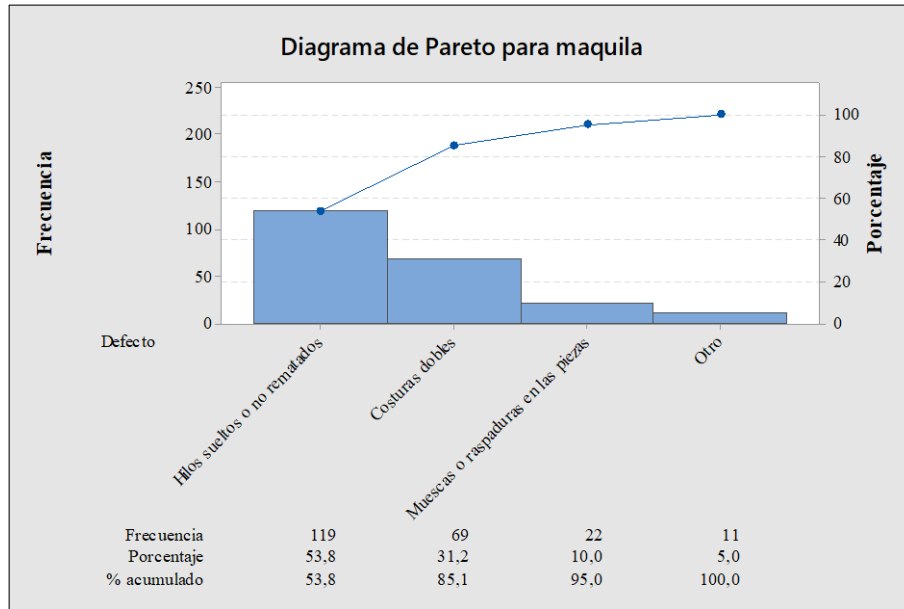


Figura 9. Cuantificación defectos del área de maquila

Análisis:

En cuanto a la Figura 9, se muestra que el tipo de defecto más común corresponde a los “hilos sueltos o no rematados”, el cual representa el 53,8% de participación individual y acumulada de todos los problemas de calidad en esta área, y en base a la Tabla 8, este defecto pertenece a la categoría A. Al mismo tiempo, los siguientes defectos más comunes son las de “costura doble”, que representan el 31,2% en participación individual, y las “muecas o raspaduras”, que representan el 10%. Finalmente, se tiene el defecto de “Arrugas o dobles” en las piezas, siendo así relativamente poco comunes, representando el 5% de todos los defectos.

Discusión:

En cuanto a los defectos de la maquila, los hilos sueltos o no rematados se presentan como el poco vital de esta etapa del proceso de manufactura de la empresa. Para lo cual, en este problema se considera que los ajustes inadecuados de las máquinas de

coser se deben a fallos por parte de los operadores en la manipulación de estas y también en el desarrollo de las actividades.

Las cifras relacionadas con los defectos en los procesos de corte y maquila carecen de precisión debido a la ausencia de registros formales específicos en la empresa. Esta falta de objetividad en la recopilación de datos dificulta la toma de decisiones fundamentadas y obstaculiza la implementación efectiva de estrategias de mejora continua en dichos procesos [29].

A partir de las causas identificadas es esencial desarrollar un plan de mejoras para obtener un producto de mayor calidad, acorde con los requisitos específicos del cliente. Finalmente, este plan debe abordar los puntos críticos detectados, implementando acciones correctivas y preventivas para optimizar los procesos de fabricación [31], puesto que el objetivo principal es garantizar que el producto final cumpla con los estándares de calidad, mejorando la satisfacción del cliente.

3.3.4 Proyecto Six Sigma

a. Definición del proyecto

Mediante la aplicación de la lluvia de ideas o brainstorming, se pudo establecer que el proyecto Six Sigma tuvo como objetivo principal la implementación de un riguroso sistema de control de calidad destinado a la reducción de la variabilidad en los procesos de corte y maquila [27]. Esta iniciativa se hace necesaria en virtud de la presencia actual de diversas variables críticas que tienen el potencial de generar defectos en el producto final, tales como dimensiones inadecuadas e hilos sueltos o no rematados.

b. Objetivo del proyecto

El propósito central del proyecto es llevar a cabo un análisis representativo de las fuentes de variabilidad inherentes a las etapas de corte y maquila, con el objetivo de determinar el nivel Sigma actual del proceso. A partir de esta evaluación, se pretende proponer medidas de mejora continua que reduzcan la incidencia de defectos en la calidad del producto final. Esto, a su vez, se traduce en la entrega de productos de alta

calidad, lo que contribuye de manera significativa a la satisfacción y fidelización de los clientes de la empresa.

c. Identificación de los Requisitos Críticos de Calidad (CTQ) del Proyecto

Utilizando la metodología de la Voz del Cliente (VOC), se ha recopilado las necesidades y expectativas de los clientes en relación con el producto objeto de estudio fabricado por la empresa. Una vez recopilados estos requisitos, se ha llevado a cabo la conversión de estos en variables críticas para la calidad (CTQ's).

Tabla 18. Identificación de clientes: etapa de corte

Etapa de corte	
Clientes internos	
Subproceso	Cliente (subproceso siguiente)
Montaje de rollo	Extensión de rollo
Extensión de rollo	Selección de patrones de corte
Selección de patrones de corte	Ubicación de patrones en el rollo
Ubicación de patrones en el rollo	Tizado
Tizado	Cortado
Cortado	Sublimado

Tabla 19. Identificación de clientes: etapa de maquila

Etapa de maquila	
Clientes internos	
Subproceso	Cliente (subproceso siguiente)
Costura de piezas	Almacenaje
Almacenaje	Terminado
Clientes externos	
Cliente	Detalle
Cliente	100% del volumen de ventas

En consecuencia, los mapas de necesidades de la Figura 10 y Figura 11 representan un marco estructurado que articula de manera clara y sistemática las expectativas y requerimientos del cliente registrados en el Anexo B, ya sea interno o externo, lo que resulta fundamental para identificar con precisión las áreas clave que requieren atención y mejora.

De esta manera, se presentan los mapas de necesidades del cliente que organizan y prioriza los requerimientos de dos tipos de consumidores mediante puntajes específicos. El cliente externo tiene sus puntajes asignados por el departamento

comercial, mientras que los clientes internos los determinan los operarios del proceso de corte y maquila. Con esta estrategia se aseguró que la importancia de cada requerimiento refleje fielmente la percepción actual de los involucrados, permitiendo una evaluación precisa y contextualizada.

Conforme señaló [7], esta metodología se enfoca en identificar las prioridades del consumidor y en el contexto del área de corte, el cliente interno se establece como la etapa de maquila. Para abordar esta perspectiva, se llevó a cabo una investigación sobre las quejas, devoluciones y disconformidades reportadas por el cliente interno, mediante la colaboración activa de las operarias del área y la supervisión del jefe de producción.

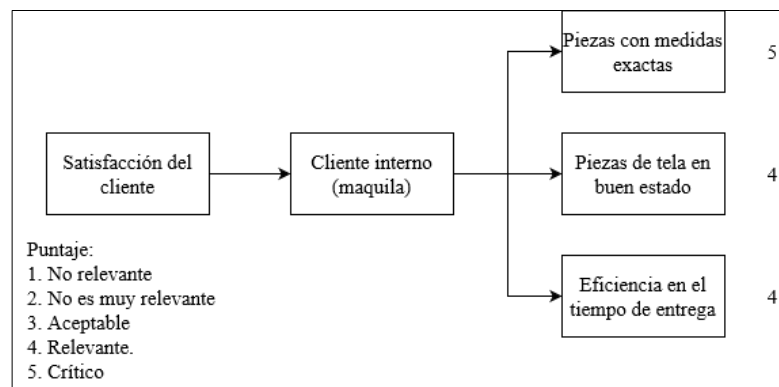


Figura 10. Mapa de necesidades del área de corte

La Figura 10, ilustra la relación de la satisfacción del cliente interno entre los niveles críticos de calidad en las que se tiene a los limpiques con medidas exactas y el estado de la tela de estas, así también como la eficiencia en la entrega, debido a que estos tres factores están vinculados directamente, donde una entrega eficiente de piezas de buena calidad incide en una mayor satisfacción del cliente. De esta forma, al evaluar los factores en la escala del 1 al 5, siendo 5 el nivel más crítico y el 1 como no relevante, el cliente interno (maquila) reporta una satisfacción máxima de 5 en las piezas con medidas exactas, mientras que para las piezas de tela en buen estado y la eficiencia en el tiempo de entrega se los califican como relevantes.

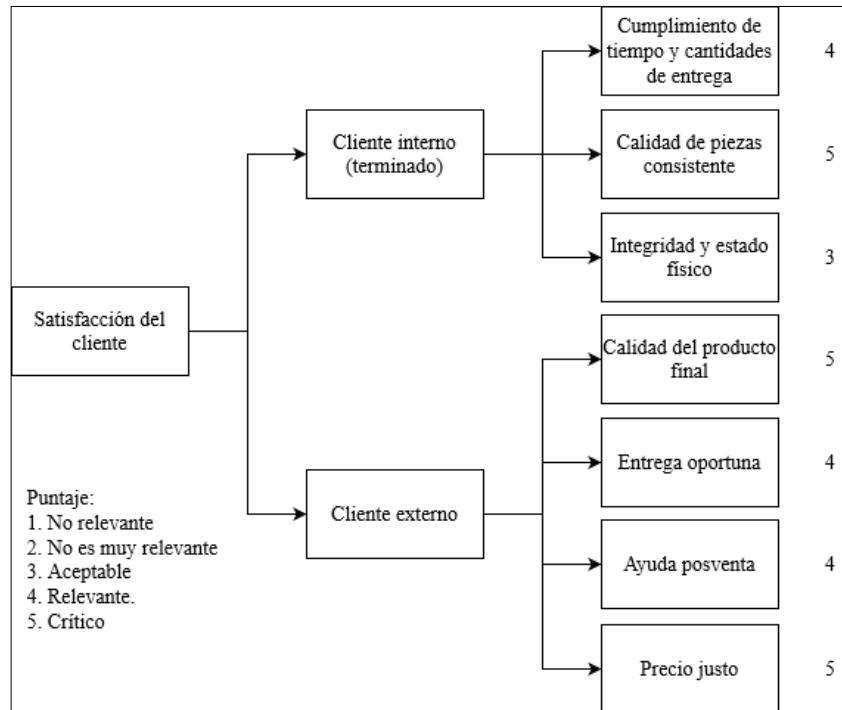


Figura 11. Mapa de necesidades del área de maquila

En cuanto a la Figura 11, el aspecto más crítico para el cliente interno se basa en que la calidad de las piezas salientes de la etapa de maquila debe ser consistentes, es decir, que los artículos deben cumplir con las especificaciones, como las dimensiones. Así también, el cumplimiento de tiempo y las cantidades de entrega se lo ha calificado como un aspecto relevante y, la integridad y estado físico tiene un valor de criterio de 3 o “aceptable”, en este se puede mencionar a situaciones o características derivadas de la materia prima, como composición química.

Por otro lado, las necesidades del cliente externo evidencian dos aspectos calificados como “críticos”, siendo estos la calidad del producto final y que estos tengan un precio justo. Los siguientes aspectos relevantes son: la entrega oportuna y soporte posventa, este último representa un recurso fundamental para resolver potenciales inconvenientes que los clientes puedan enfrentar con el producto adquirido, lo que también se erige como un factor significativo para mejorar su nivel de satisfacción.

En base a los aspectos calificados de los mapas de necesidades de las etapas de corte y maquila, se presentan los CTQ's dependientes de tres variables (X_1, X_2, X_3 y X_4, X_5, X_6), respectivamente. Estos factores son lo que provocan los defectos de dimensiones inadecuadas e hilos sueltos o no rematados. Por otro lado, la

satisfacción del cliente (Y_1 y Y_2) aparece una vez se haya modificado las variables, como se representa en la siguiente figura:

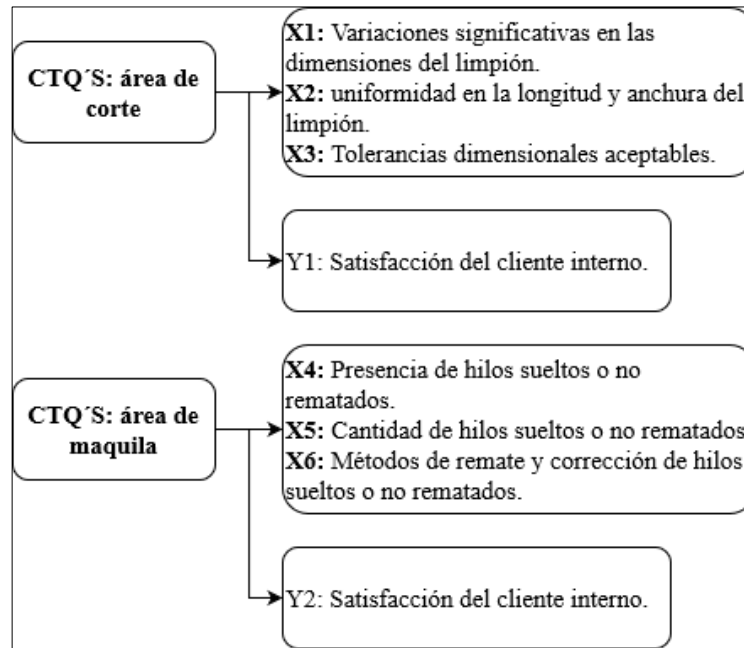


Figura 12. CTQ's definidos para el proyecto

d. Marco del proyecto

En base a la información y los parámetros previamente establecidos, se procede a la elaboración del marco del proyecto Six Sigma para cada etapa de proceso representados en la Tabla 20 y Tabla 21, el cual engloba y detalla aspectos críticos, incluyendo la definición del proyecto, sus objetivos, el alcance, los involucrados, beneficios esperados, periodo de ejecución, y otros elementos fundamentales.

Tabla 20. Marco del proyecto para el área de corte

Marco del proyecto Six sigma	Fecha: 25/09/2023	Versión: 1
Título: Reducción de defectos de calidad por medio de la variabilidad presente en el proceso de corte de la empresa “TEXCODI CÍA. LTDA.”		
Necesidades del negocio a ser atendidas: los reclamos generados por la insatisfacción de los clientes al encontrarse con productos que no cumplen con las medidas estandarizadas y, por ende, con la calidad.		
Objetivo: reducir la variabilidad representados por los defectos de calidad que se generan en el proceso de corte, mediante el reconocimiento y eliminación de las fuentes de origen.		
Alcance: el proyecto se limitará al análisis de calidad en el proceso de corte del limpión y particularmente, al estudio del defecto “dimensiones inadecuadas”.		
Participantes: Alex Paredes - Investigador: se encarga de desarrollar el análisis de calidad basado en la metodología DMAIC. Javier Real - jefe de producción: proporciona de manera eficiente la información esencial para la ejecución exitosa de todos los componentes del proyecto. Clara Tamayo - Gerente: su grado de compromiso y liderazgo aportado resulta determinante para el logro exitoso de los objetivos planteados. Operadoras de la etapa de corte: su compromiso resulta de vital importancia para el desarrollo de la investigación, puesto que con su conocimiento se identificarán las causas principales para que se presenten los problemas de calidad.		
Recursos: hojas de control, herramientas de calidad y compromiso de los involucrados.		
Métricas: PPM, Índice de capacidad del proceso (Cp) y Nivel sigma		
Fecha de inicio del proyecto: Septiembre del 2023		
Fecha de finalización del proyecto: Febrero del 2024		
Entregable del proyecto: propuestas de control documentadas para la mejora continua para el proceso de estudio.		

Tabla 21. Marco del proyecto para el área de maquila

Marco del proyecto Six sigma	Fecha: 25/09/2023	Versión: 1
Título: Reducción de defectos de calidad por medio de la variabilidad presente en el proceso de maquila de la empresa “TEXCODI CÍA. LTDA.”		
Necesidades del negocio a ser atendidas: los reclamos generados por la insatisfacción de los clientes al encontrarse con productos que no cumplen con sus expectativas de calidad.		
Objetivo: reducir la variabilidad representados por los defectos de calidad que se generan en el proceso de maquila, mediante el reconocimiento y eliminación de las fuentes de origen.		
Alcance: el proyecto se limitará al análisis de calidad en el proceso de maquila del limpión y particularmente, al estudio del defecto “hilos sueltos o no rematados”.		
Participantes: Alex Paredes - Investigador: se encarga de desarrollar el análisis de calidad basado en la metodología DMAIC. Javier Real - jefe de producción: se encarga de diseñar las tareas que requieran la colaboración de los operarios involucrados en el proceso de maquila. Clara Tamayo - Gerente: su grado de compromiso y liderazgo aportado resulta determinante para el logro exitoso de los objetivos planteados. Operadoras de la etapa de maquila: su compromiso resulta de vital importancia para el desarrollo de la investigación, puesto que con su conocimiento se identificarán las causas principales para que se presenten los problemas de calidad.		
Recursos: hojas de control, herramientas de calidad y compromiso de los involucrados.		
Métricas: PPM, Índice de capacidad del proceso (Cp) y Nivel sigma		
Fecha de inicio del proyecto: Septiembre del 2023		
Fecha de finalización del proyecto: Febrero del 2024		
Entregable del proyecto: propuestas de control documentadas para la mejora continua para el proceso de estudio.		

3.4 MEDIR

3.4.1 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para variables

Se ha optado por realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) centrado en el proceso de corte en la empresa. Los objetivos primordiales radican en evaluar exhaustivamente el sistema de medición empleado para determinar la calidad de las dimensiones de las piezas del limpión generadas en esta fase del proceso y discernir la proporción de variabilidad total evidenciada que puede ser atribuida a potenciales desviaciones en las mediciones realizadas durante el proceso de evaluación de calidad.

Por consiguiente, la ejecución de un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) por variables en el área de corte se justifica primordialmente por la necesidad de asegurar la precisión y consistencia en las mediciones críticas para las piezas resultantes, debido a que las dimensiones exactas tienen un impacto directo en la calidad del producto final.

De esta manera, el análisis individual del largo y ancho en el estudio de dimensiones del limpión resulta esencial debido a su singular influencia en su funcionalidad, puesto que el largo impacta la cobertura de limpieza, mientras que el ancho afecta la maniobrabilidad en diferentes superficies. Por ello, los registros realizados se muestran en el Anexo B.

Por último, al evaluar estas dimensiones de manera independiente se logra una comprensión detallada de su efecto individual en la calidad del producto para identificar las áreas específicas de mejorar en el proceso de fabricación y asegurarse que tanto el largo como el ancho cumplan con los estándares requeridos, optimizando así la satisfacción del cliente.

e. Análisis de varianza (ANOVA)

En las Tabla 22 y Tabla 23, se presenta el resumen de los cálculos llevados a cabo para el desarrollo del ensayo R&R para variables mediante el método de análisis de

varianza para el largo y ancho del limpión, respectivamente; llevado a cabo con el software Minitab.

Tabla 22. Evaluación del sistema de medición para ancho

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,40430	2,42579	30,11
Repetibilidad	0,38287	2,29719	28,51
Reproducibilidad	0,12989	0,77932	9,67
Operadores	0,12989	0,77932	9,67
Parte a parte	1,28059	7,68354	95,36
Variación total	1,34289	8,05737	100,00
Número de categorías distintas	4		

La Tabla 22 revela que el sistema de medición para el ancho del limpión tiene un R&R total del 30.11%. La repetibilidad alcanza el 28.51%, mientras que la reproducibilidad es del 9.67%. Aunque se sitúa dentro de un rango "aceptable" [40], se acerca al límite superior, indicando que alrededor del 30.11% de la variabilidad en las mediciones podría relacionarse con el sistema. Se recomienda una revisión para mejorar la precisión[27]. La repetibilidad, alta en un 28.51%, señala una variabilidad significativa entre mediciones del mismo operador bajo condiciones similares. En contraste, la reproducibilidad es excelente (9.67%), mostrando consistencia entre operadores. Aunque se sugiere una mejora adicional, el sistema demuestra una segmentación adecuada de las mediciones con 4 categorías. No obstante, es esencial garantizar la representación completa de la variabilidad [32].

Tabla 23. Evaluación del sistema de medición para largo

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,40366	2,42195	30,59
Repetibilidad	0,37232	2,23391	28,22
Reproducibilidad	0,15595	0,93567	11,82
Operadores	0,15595	0,93567	11,82
Parte a parte	1,25618	7,53707	95,21
Variación total	1,31944	7,91664	100,00
Número de categorías distintas	4		

En el análisis del sistema de medición para el largo del limpión según la Tabla 23, se registra un R&R total del 30.59%, la cual también se considera “aceptable” [40]. La repetibilidad, marcando un 28.22%, indica una variabilidad notable entre mediciones del mismo operador, sugiriendo posibles fuentes de error sistemático [32]. Por otro lado, la reproducibilidad, con un 11.82%, muestra una menor variabilidad entre operadores o condiciones, aunque aún se puede mejorar la precisión y uniformidad entre ellos. A pesar de utilizar 4 categorías para las mediciones, es fundamental asegurar que reflejen completamente la variabilidad de las mediciones realizadas.

3.4.2 Prueba de normalidad de mediciones

En el estudio del limpión y sus dimensiones, se analizó la normalidad de las variables de anchura y longitud para validar la idoneidad de los métodos estadísticos. Puesto que, si los datos no cumplen con una distribución normal, se necesitarían técnicas alternativas para garantizar la validez de las conclusiones, considerando enfoques no paramétricos o transformaciones de datos. Todo esto con el fin de asegurar la fiabilidad de los análisis estadísticos en la investigación de calidad del producto.

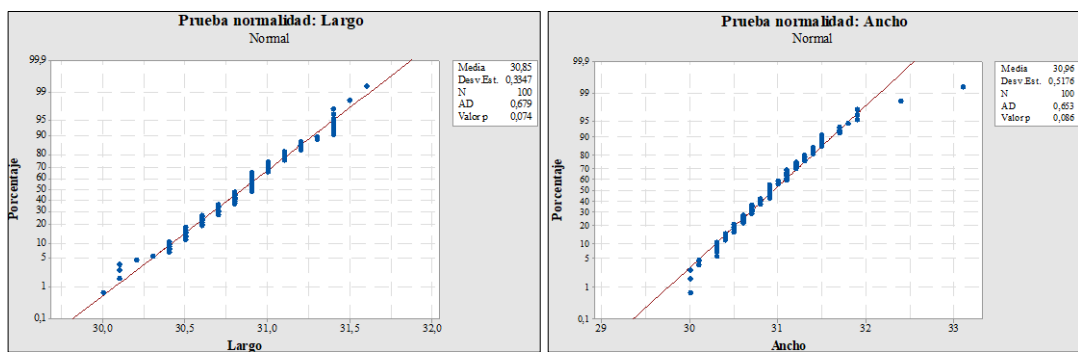


Figura 13. Prueba de normalidad para mediciones del largo y ancho

En base a la Figura 13, se puede considerar que el valor p de las dos pruebas de normalidad representa la probabilidad que contradice la hipótesis nula, puesto que un valor de p más bajo indica una evidencia más sólida en contra de la hipótesis nula [34], mientras que valores más altos en el estadístico de Anderson-Darling sugieren una falta de adhesión de los datos a una distribución normal [35].

En este caso específico, los valores de p para las dimensiones de largo y ancho del limpión son 0,074 y 0,086 respectivamente, superando el nivel de significancia α de

0,05 [41]. Por lo tanto, esta situación proporciona suficiente evidencia para no rechazar la hipótesis nula concluyendo que los datos siguen una distribución normal, ya que en base a estos resultados, se habilita la aplicación de un método estadístico paramétrico, como análisis de variabilidad con cartas de control, los cuales permitan contrastar la igualdad de medias relacionadas con la especificación dimensional del artículo en el proceso de producción [42], es otras palabras, se confirma la distribución normal de los datos analizados.

3.4.3 Análisis de variabilidad y capacidad del proceso de corte

El análisis de la variabilidad y capacidad del proceso de corte se lleva a cabo mediante el uso de cartas de control X-R debido a que el proceso de limpión se considera como “masivo” [27], al elaborar muchos artículos durante un lapso pequeño de tiempo con variables de salida de tipo continuo. Las mediciones registradas se encuentran en el Anexo E, Tabla E1.

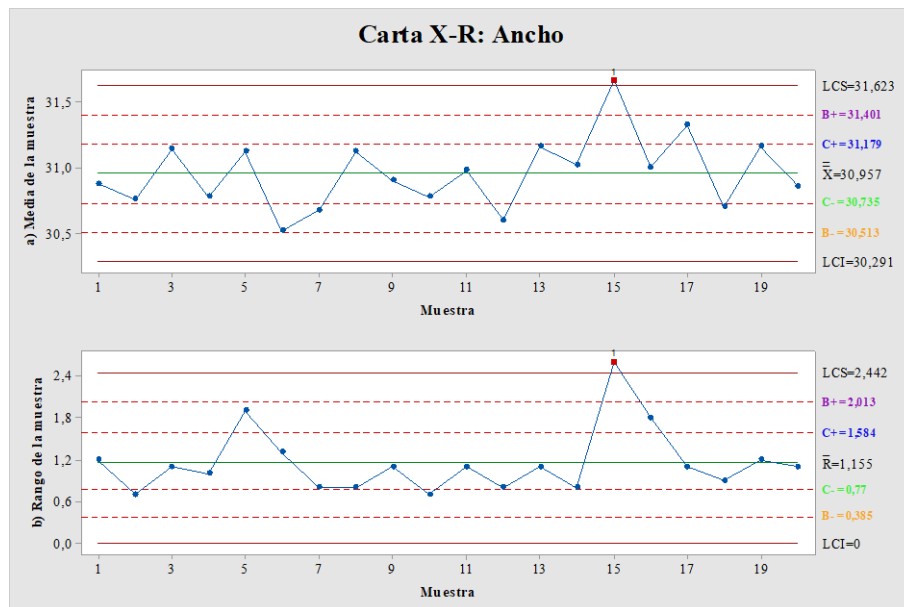


Figura 14. Carta X-R por ancho

La carta X, ver Figura 14 (a), realizada para la variable “ancho” presenta un patrón aleatorio cíclico y todos los puntos dentro de los límites de control calculados estadísticamente, se espera que a futuro las piezas varíen de 31,623 a 30,291 centímetros. Sin embargo, se tiene una alta concentración de puntos (14) en la zona

central o $\pm 1\sigma$, lo que sugiere que el proceso cuenta con una falta de variabilidad o estratificación y como tal, es un proceso inestable o fuera de control [27]. Esta situación no quiere decir que no se puede seguir produciendo de esa forma, sino que se debe a una causa especial, como el desgaste o calentamiento de la maquinaria y por las características de la tela. Por último, se destaca una causa especial relacionada con el punto 15, puesto que sobrepasa el LCS.

La observación registrada en el punto 15 se debe a que el proceso estuvo mostrando signos iniciales de desviación, debido a que para ese momento la máquina de corte había presentado problemas por acumulación de residuos o pelusas, provocando la interferencia en el movimiento suave de la cuchilla y como resultado se tuvieron piezas con cortes imprecisos [27].

Un aspecto destacado reside en la amplitud del rango de la muestra (R), ver Figura 14 (b), puesto que se evidencia un patrón de poca variabilidad al tener 15 puntos concentrados en la parte central de la carta [27], por lo cual se espera que los rangos de los limpiones varíen de 0 a 2,442 centímetros. Se observa que el punto 15, está ubicado más allá de los límites de control en la carta R, lo que puede ser atribuido a la causa mencionada anteriormente. Sin embargo, también se puede atribuir a los cambios en la calibración de los instrumentos de medición o ajustes no programados en la maquinaria [27], [33].

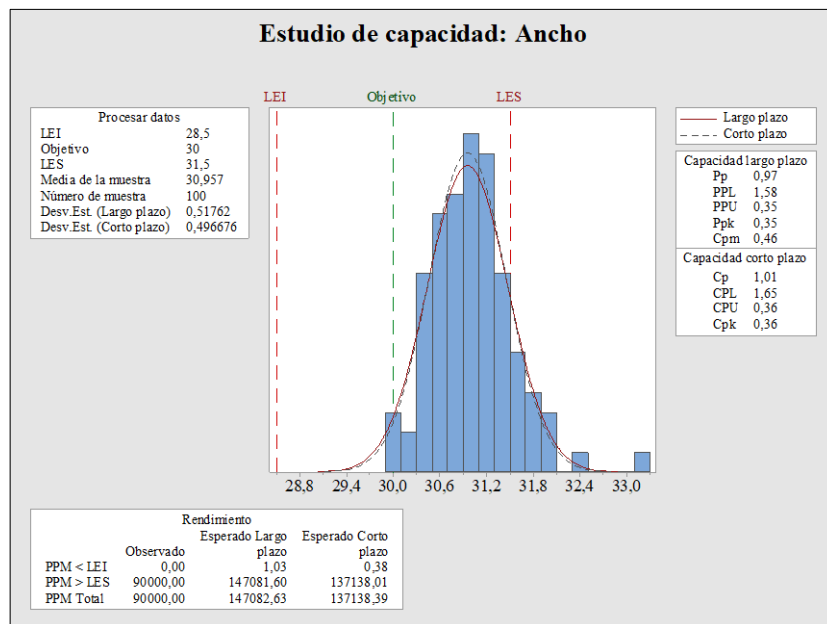


Figura 15. Estudio de capacidad para la variable de anchura

En este estudio sobre la capacidad, es fundamental considerar los límites que rigen el proceso, los cuales no se basan en los cálculos de las Cartas X-R que se centran en mediciones específicas. En su lugar, se toma en cuenta la práctica real de la operadora en esa área.

En esta situación, la operadora ha mencionado la carencia de una especificación clara para el proceso, así como la falta de indicaciones por parte de la etapa de maquila. Por ende, por una cuestión práctica, la operadora no ajusta las piezas con medidas exactas, sino que generalmente las corta con una tolerancia de $\pm 1,5 \text{ cm}$ [33].

Con este contexto, el análisis del histograma del proceso muestra que la dispersión observada es considerablemente mayor que la dispersión establecida por las especificaciones, indicando una capacidad deficiente en el proceso [27], [43]. A pesar de que la mayoría de los datos están dentro de los límites de especificación, se identifican cinco por encima del LCS y ninguno por debajo del LCI. Además, se destaca que la mayoría de los datos superan el valor objetivo establecido, señalando una tendencia general hacia la derecha con respecto al valor deseado u objetivo (30 cm), lo que implica que el proceso se encuentra descentrado hacia el LCS [23].

Finalmente, el valor de la capacidad potencial (C_p) del proceso no es adecuada, ya que si se compara con el valor estándar mínimo referencial (Tabla 3) de 1.33, el proceso aun estando bajo control, su capacidad para cumplir con las especificaciones del cliente es limitada y muy baja [27]. Además, la situación se ve agravada por el hecho de que la capacidad real del proceso es mala, ya que tanto C_{pk} como el C_{pm} son menores que 1.0, cuando estos deberían por recomendación ser mayores a 1,30 [27]. De esta manera, se resalta una necesidad crítica de ajustes para mejorar su capacidad y alinearlos con las expectativas del cliente para eliminar o reducir la variación existente.

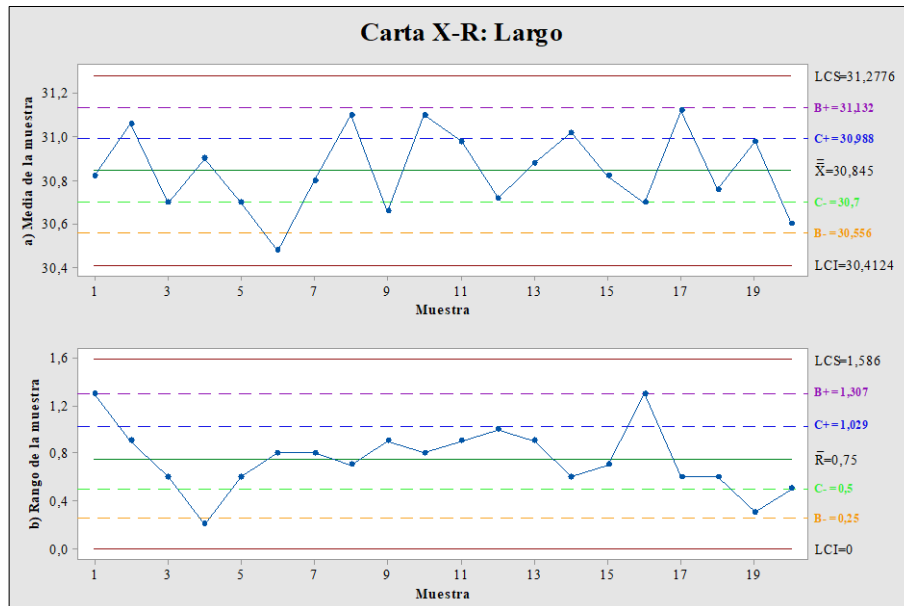


Figura 16. Carta X-R por largo

Se observa detalladamente la carta X-R de la Figura 16 (a), la cual revela una distribución de puntos no aleatoria característico de un comportamiento cíclico, los cuales están dentro de los límites de control establecidos [27]. Este patrón de ciclo recurrente se debe a que los flujos de puntos consecutivos poseen una tendencia creciente, y posteriormente su flujo cambia a una tendencia descendente. De esta forma, se puede mencionar que el proceso se encuentra bajo control estadístico pero se debe reconocer que la causa de los ciclos recurrentes se puede atribuir al efecto sistemático que se produce por la maquinaria y material por utilizarlos alternadamente.

Sin embargo, resulta crucial prestar atención a los puntos de datos que se encuentran en proximidad a los límites de control, aunque aún dentro de estos, podrían indicar un potencial inicio de desviación en el proceso. Un monitoreo minucioso y continuo de estos puntos es esencial para detectar cualquier tendencia emergente que pueda conducir a valores fuera de los límites establecidos, lo que podría indicar una pérdida de control [27].

Por otro lado la Figura 16 (b) correspondiente al rango, esta presenta estatificación entre los datos de la muestra por presencia de fluctuaciones significativas en la variable de la pieza evaluada, es decir, presenta una falta de variabilidad al tener 16 puntos en la zona C [4]. Como se mencionó anteriormente, contar con este tipo de patrón no significa que no se deba seguir produciendo con ese mismo ritmo, sino más reconocer

que se están teniendo situaciones negativas debido a la calidad de los materiales y el incorrecto uso de la maquinaria disponible para este proceso. Por lo que investigar y comprender las razones detrás de esta variabilidad es esencial para poder abordarlas y posiblemente reducir su impacto en el proceso [27].

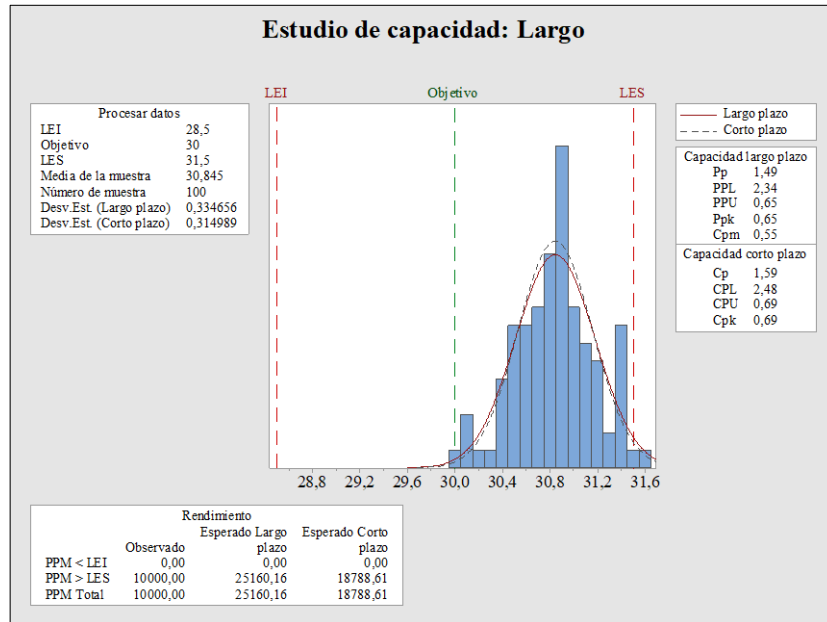


Figura 17. Estudio de capacidad para la variable de largo

Con la Figura 17, se puede observar que la tendencia central del proceso también se localiza a la derecha del valor objetivo igual a 30 cm. Además, se menciona que la distribución, al igual que la de ancho, se ajustan razonablemente bien a la normal [27], sin embargo, se tienen problemas con la especificación superior e inferior por tener dos y un subgrupo fuera de estas, respectivamente.

El valor de la capacidad potencial del proceso también es adecuado, puesto que al ser mayor a 1.33 (Tabla 3) este si cumple con las especificaciones exigidas por la industria, para esto se debe tener en cuenta que para el ancho no se cumple con los estándares lo que sugiere aplicar medidas drásticas para que el proceso se mantenga o mejore para seguir cumpliendo con las especificaciones establecidas [1], aunque también existe una gran variabilidad que está afectando la consistencia y calidad del producto [7].

El sesgo hacia la derecha surge cuando hay una discrepancia entre los valores de C_p y C_{pk} , esto indica que el proceso exhibe una distribución asimétrica, con una concentración más alta de datos hacia el LCS [27]. La disparidad entre estos valores

revela que el proceso no solo carece de centrado en relación con el objetivo, por lo que este tipo de sesgo puede dificultar el cumplimiento de los estándares requeridos, por lo que podría necesitar ajustes para mejorar la estabilidad y uniformidad del proceso [13].

3.4.4 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad para atributos

El estudio R&R realizado en el marco de la investigación se clasifica "por atributos" en el área de maquila. Por consiguiente, resulta apropiado analizar el sistema de medición mediante los criterios de "aceptable" e "inaceptable" para identificar si los limpiques se clasifican como defectuosos debido a la presencia de defectos existentes en cuanto a "hilos sueltos o no rematados" [27].

El análisis llevado a cabo para esta fase de producción se basó en la selección de 36 piezas en el que participaron tres operadoras, con el propósito de evaluar la consistencia en los procesos de medición. Los registros se encuentran disponibles para su revisión y observación en el Anexo C, tabla C2 y su desarrollo en el Anexo D.

a. Método de análisis de riesgo

En Tabla 24, se presenta el resumen de los cálculos llevados a cabo para el desarrollo del ensayo R&R para atributos mediante el método de análisis de riesgo.

Tabla 24. Resumen del ensayo R&R: maquila

Ensayo R&R: método análisis de riesgo		
Fuente	Porcentaje de desacuerdos	
Repetibilidad	16,67%	
Reproducibilidad	25,93%	
Total R&R	13,70%	
Operador	Repetibilidad (%)	Piezas aceptadas (%)
1	19%	65%
2	11%	69%
3	19%	65%
Promedio	17%	67%

Los resultados revelan un porcentaje total de R&R del 13,70%, clasificando el sistema de medición como aceptable según los criterios establecidos. Según las pautas

establecidas por [27], si el porcentaje total de R&R es inferior al 10%, se considera aceptable. Entre el 10% y el 30%, la aceptabilidad del sistema de medición depende de factores específicos como la aplicación particular, los costos asociados al equipo de medición, gastos de mantenimiento y otros factores relevantes. Por encima del 30%, el sistema de medición se considera inaceptable y requiere mejoras [18].

Los resultados indican que la principal problemática se concentra en la reproducibilidad, evidenciando un índice del 25,93%. Esto señala una discrepancia significativa en la concordancia entre los criterios de aceptación empleados por los operarios al evaluar las piezas cortadas del limpión [20]. De esta forma, es importante destacar que los tres participantes del ensayo cuentan con un nivel de criterio de evaluación similar, sin embargo, valiéndose estadísticamente, el operador 2 tiene un criterio más exigente (69%) siendo alrededor de 4 puntos más que el operador 1 y 3 (65%).

Se puede entender que no se observa una diferenciación clara en los niveles de evaluación, dado que los operadores 2 y 3 han estado trabajando en la empresa desde su fundación, mientras que la otra operadora cuenta con una experiencia laboral cercana a los 8 años en el mismo ámbito de trabajo. Esta similitud en el tiempo de servicio y experiencia laboral entre los operadores no refleja una distinción significativa en términos de evaluación de las piezas cortadas del limpión, lo que sugiere una posible homogeneidad en la aplicación de los criterios de aceptación.

3.4.5 Análisis de variabilidad y capacidad del proceso de maquila

En un contexto donde se observa un proceso cuyos datos exhiben una distribución binomial, se emplea una herramienta específica conocida como carta de control P, la cual se enfoca en la proporción de elementos defectuosos (Anexo E, Tabla E2). Esta carta se utiliza para registrar y monitorear el número de limpiones que presentan defectos o que son remitidos para reprocesamiento debido a la presencia de alguna anomalía identificada.

En el proceso de generar la carta de control, se procesa la información mediante el uso del software Minitab, el cual considera como línea central (LC) el promedio de las

proporciones y, simultáneamente, determina los límites de control tanto superiores como inferiores. La Figura 18, presenta la variabilidad del área de maquila.

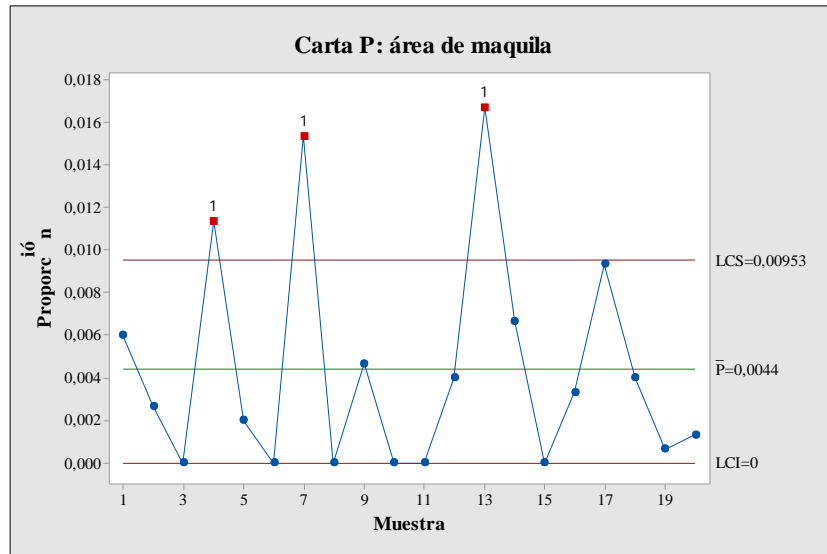


Figura 18. Carta p para maquila

La Figura 18 muestra la carta p para atributos que se utilizó para controlar la etapa de maquila en la producción de los limpiones. En esta representación, se destacan tres puntos que se encuentran por encima de la especificación superior (LCS): los subgrupos 4, 7 y 13 [27]. Al investigar estos eventos, se identificó que durante esos turnos se experimentaron problemas específicos, como la rotura del eje en el subgrupo 13 y cambios de aguja para la costura en los subgrupos 4 y 7. Se observó que las máquinas cuentan con un procedimiento estándar detallado para el mantenimiento y la resolución de problemas generales [44].

Sin embargo, al consultar con las operadoras, se evidenció que si bien están familiarizadas con estos procedimientos, su conocimiento se basa más en la experiencia adquirida en el campo que en la estricta adherencia a los procedimientos documentados. Esta discrepancia entre la práctica real y los protocolos estandarizados destaca la importancia de considerar y mejorar la transferencia efectiva de conocimientos y procedimientos entre el documento y la aplicación práctica en el entorno laboral [27].

Los límites de control revelan que la proporción de defectos relacionados con hilos sueltos o no rematados oscila entre 0.0 y 0.00953, con un promedio establecido en

0.0044. Al multiplicar estos límites por 100, se traducen a un contexto porcentual: se espera que el porcentaje de hilos sueltos o no rematados fluctúe entre el 0.0% y el 0.44% [27].

Es importante resaltar que, mientras la proporción de defectos permanezca dentro de los límites de control y no se identifiquen patrones especiales, indica que el proceso continúa funcionando dentro de la norma establecida, ya sea de manera efectiva o deficiente, pero dentro de las expectativas previstas [26]. Es decir, la ausencia de la detección de hilos sueltos o no rematados en un turno específico no implica una mejora del proceso, ni tampoco el hallazgo de un 0.43% de piezas con defectos indica un deterioro.

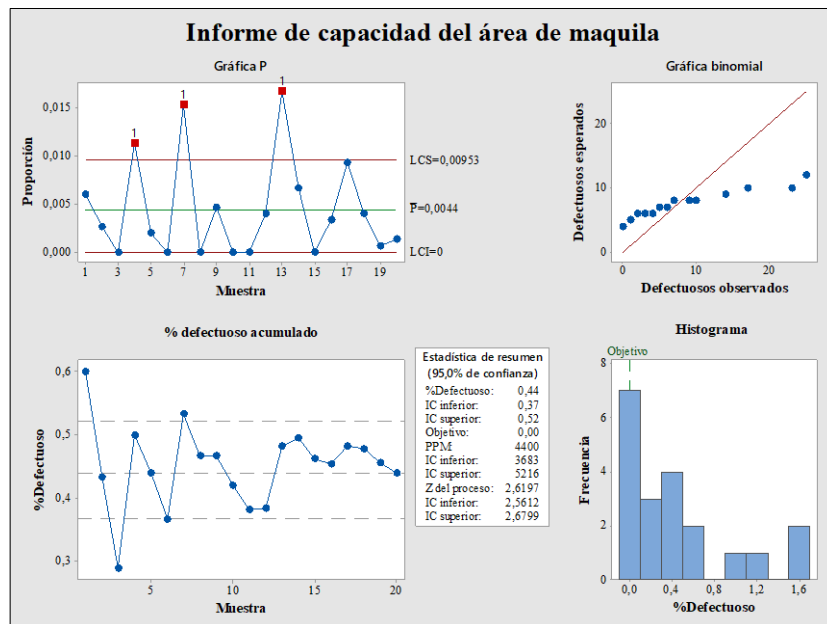


Figura 19. Estudio de capacidad para atributos

El software Minitab presenta en la Figura 19, el informe de capacidad mediante un cuadro resumen, el cual muestra que con un porcentaje de confianza igual a 95%, en 1 millón de piezas que pasen por el área de maquila, 4400 en promedio terminarán con defectos [27].

- **Gráfica binomial:** con esta gráfica se identifica que los datos no siguen una distribución binomial como tal, por el hecho de que los puntos (defectuosos esperados-defectuosos esperados) no se evidencia claramente a la recta, por lo que se puede mencionar que una causa de esta situación es que no se ha tomado

un número de muestras suficientes para así reconocer si con el tiempo se generan más puntos especiales.

- **% defectuoso acumulado:** este determina si se tienen suficientes muestras para una estimación estable del porcentaje de productos defectuosos, para este caso se puede observar que existe una estabilidad a partir de la muestra nueve, sin embargo, en el punto 19 genera variabilidad en este valor.
- **Histograma:** esta gráfica evalúa la distribución del porcentaje de defectuosos en cada muestra como su frecuencia, al tener la mayor parte de barras a la derecha de la línea objetivo se califica como proceso no capaz.

3.4.6 Índice de inestabilidad

Debido a que los procesos de corte y maquila cuentan con puntos fuera de los límites normales con los que trabaja, se procede a calcular el porcentaje de inestabilidad respectivo, en base a la ecuación 35.

De esta manera, la carta de control para el ancho representada en la Figura 14 presenta un punto fuera de control, por tanto, se tiene un porcentaje de 5% y al no tener esta situación en las mediciones del largo del objeto de estudio, se contempla que el proceso tiene un estado regular en términos de calidad [27].

$$s_t = \frac{1}{20} * 100 = 5\%$$

En referencia a la carta P diseñada específicamente para la etapa de maquila, se aprecia visualmente la presencia de tres puntos que se encuentran fuera de las especificaciones establecidas para esta área. Este análisis gráfico revela una inestabilidad del 15% en el proceso, conforme a la interpretación proporcionada por el autor [27]. Es esencial subrayar la gravedad de esta situación, según la perspectiva del autor, lo que destaca la urgencia de abordar y corregir estos desvíos para preservar la estabilidad y la calidad en la producción.

3.4.7 Análisis del nivel de calidad sigma

La Tabla 25, muestra la capacidad sigma de las variables de largo y ancho en el proceso de corte, así como el valor sigma para los defectos por hilos sueltos o no rematados.

Tabla 25. Resumen de valores de calidad sigma

Nivel sigma actual del proceso		
Área	Observación o defecto	Z_c
Corte	Largo	2,07
	Ancho	1,08
Maquila	Hilos sueltos o no rematados	2,61

Basándose en el análisis presentado, se evidencia que el nivel sigma actual del proceso para la variable de largo se sitúa en aproximadamente **2,07 sigmas**, el cual está por debajo de la meta seis sigmas. De forma complementaria, con la ayuda de la Tabla H1 del Anexo H y la ecuación de interpolación se define que el proceso de corte en su variable de largo posee un 95,74% de piezas que están dentro de las especificaciones, con lo que también se tienen un total de 42600 PPM defectuosas. Sin embargo, el valor sigma del corte de largo del limpión revela que la uniformidad en las medidas posee una mayor consistencia.

Por otro lado, en cuanto a la dimensión de ancho, el valor obtenido es de **1,08 sigmas** que también se encuentra muy por debajo de la meta seis sigmas, con un 70,44% de las piezas dentro de las especificaciones, resultando en 295600 PPM defectuosas. Con estos resultados se menciona que existe una variabilidad ligeramente superior a la media, que se podría haber generado por posibles factores derivados a la maquinaria o la materia prima con dimensiones distintas.

Las diferencias en los niveles sigma de las variables estudiadas resaltan áreas específicas que demandan atención para asegurar que el producto terminado tenga uniformidad [27]. Ya que, al centrar las acciones en la reducción de variabilidad en el proceso de corte, se puede lograr mejoras considerables en la calidad [45], no solo del producto si no también del proceso para los otros modelos de limpión existentes.

Por otro lado, el (Z_L) del proceso de maquila arroja un valor aproximado de 2,61 sigmas, lo cual incurre en que el porcentaje de piezas de limpiónes que cumplen con

las especificaciones el 99,44% y solo el 0,56% no las cumplen. Por consiguiente, el nivel sigma definido puede ser considerado bajo, al igual que el proceso anterior, porque tampoco es superior a los 3 niveles sigma [27].

Comparando estos resultados con el estándar industrial promedio de 3 sigmas [27], se concluye que el nivel sigma encontrado para ambas dimensiones es considerado bajo. Además, es congruente con el estudio realizado por [45], el cual sugiere que las empresas textiles deberían alcanzar un nivel sigma entre 3 y 4 para un desempeño óptimo en sus procesos.

3.5 ANALIZAR

3.5.1 Análisis de factores críticos

Para identificar las posibles áreas de mejora, se ha considerado la prevalencia de problemas recurrentes en los procesos analizados, se procedió a enfocar en la identificación de problemas recurrentes.

Los datos recopilados y los diagramas de Pareto, desarrollados durante la fase de "Definición", arrojan los aspectos críticos. Según la Figura 8, el 70,5% de las deficiencias observadas en el área de corte están relacionadas con dimensiones inadecuadas en las piezas. De manera similar, en el proceso de maquilado (Figura 9), el 53,8% de los defectos detectados se asocian con la presencia de hilos sueltos o no rematados en los limpiadores de cocina.

3.5.2 Análisis causa-efecto

Para llevar a cabo este apartado se emplean diagramas de Ishikawa centrados en las 6M para analizar en detalle las causas potenciales de los defectos en el área de corte y maquila (ver Anexo F) para identificar sistemáticamente las razones detrás de los problemas observados.

De esta manera, las Figura 20 y Figura 21 muestran la relación causa-efecto de los problemas de calidad presentes en el proceso de corte y maquila, respectivamente. La estructura del mapeo de los factores críticos se divide en función de las 6M's de la

calidad, como son: mano de obra, métodos, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, para reconocer las posibles causas raíz que provocan que las piezas presenten dimensiones inadecuadas e hilos sueltos o no rematados.

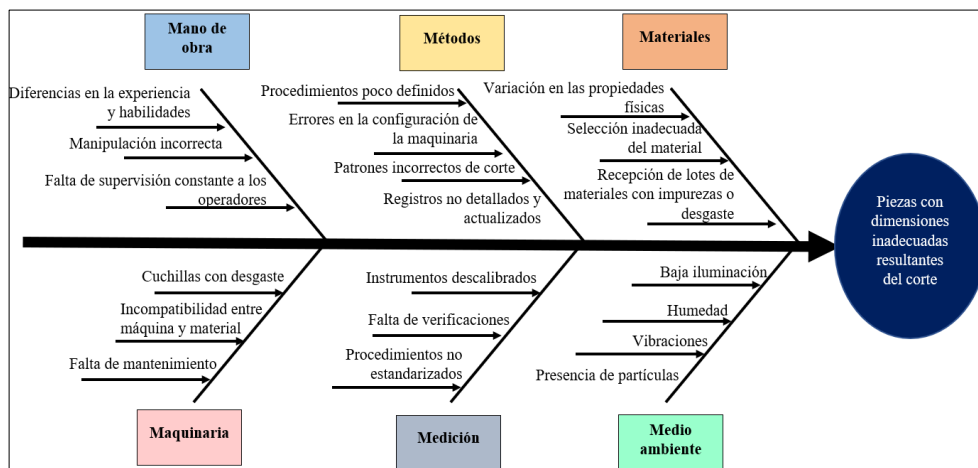


Figura 20. Mapeo del defecto "Dimensiones inadecuadas"

La Figura 20, contiene las causas posibles para el problema de calidad basado en el cumplimiento de las dimensiones del producto estudio. Para esto, se presenta un análisis de estas causas raíz posibles según las 6M's de calidad:

- **Mano de obra**

La ausencia de supervisión continua en el proceso de corte se presenta como el principal desencadenante de este problema. La falta de un método de control en esta etapa permite que la actividad se lleve a cabo de manera inapropiada, influenciada por las condiciones inherentes a la cultura laboral y experiencia individual de la operadora involucrada. Esta situación se ve agravada por los términos contractuales entre la empresa y la operadora, donde su remuneración se vincula directamente con la cantidad de producción. Como consecuencia, la trabajadora tiende a priorizar el cumplimiento de la orden de producción de tres lotes de 500 unidades cada hora. Esta presión por alcanzar volúmenes de producción específicos incide directamente en la ejecución del corte, relegando la precisión y calidad en las dimensiones de las piezas de limpión [46].

La operadora, al priorizar su experiencia para cumplir con la demanda habitual, deja de relativamente de lado la aplicación de técnicas y habilidades propicias.

Normalmente, se obtienen 50 piezas de un rollo de tela con especificaciones variables en términos de ancho y largo, tal como se evidenció en la fase previa de esta metodología. Esta variabilidad se atribuye a la incorrecta manipulación de las máquinas y herramientas disponibles para esta etapa, puesto que al no contar con un manual o guía para el uso adecuada de la máquina de corte manual, ajusta su funcionamiento según su comodidad. Esta improvisación conlleva a las variaciones observadas en las dimensiones y sus desviaciones en las especificaciones requeridas [46].

- **Métodos**

Dentro de este factor se menciona el problema base que presenta la actualidad de la empresa, los procedimientos poco definidos para la etapa de corte y en general permite que la empresa no cuente con un sistema de trabajo estándar en el que se especifique el manejo y el trato que se le debe dar a la tela, además de verificar si la máquina es la más adecuada para trabajar con ese tipo de tela, con el cual se consiga disminuir la tasa de variación en todos los aspectos [46]. De esta forma, la aparición de errores humanos es inminente, ya que la carencia de instrucciones detalladas aumenta la dificultad y nivel de impacto de defectos en la uniformidad de las piezas cortadas de limpión.

Además, la ausencia de registros detallados y actualizados representa una limitación significativa en la evaluación y propuestas de mejora para la optimización del proceso. Puesto que esta carencia dificulta la trazabilidad precisa de las operaciones, obstaculizando la identificación de patrones, tendencias o problemas recurrentes en la producción. Sin embargo, es preciso mencionar que si la operadora lleva a su forma un registro pero mantiene datos no actualizados que incrementa el riesgo de repetir errores anteriores al no contar con un historial claro que le permita aprender de situaciones pasadas y tomar medidas correctivas oportunas para mejorar la consistencia en su trabajo [47].

- **Materiales**

El aspecto más relevante para considerar de este factor se basa en la selección inadecuada del material, puesto que se observó que el uso de materiales no idóneos dificulta el corte, generando el defecto de estudio y desgaste excesivo de las herramientas. La incompatibilidad del material con este proceso aumenta la complejidad operativa, prolongando relativamente los tiempos de producción. Sin embargo, la realidad económica de la empresa no permite solicitar un mayor control al proveedor en cuanto a las dimensiones, pesos e integridad física de los rollos de tela, debido a que aumentaría los costos y este incremento afectaría directamente la rentabilidad de la operación [33], lo que resultaría en presión adicional a la parte administrativa para encontrar un equilibrio entre calidad y costos.

- **Maquinaria**

El problema general de este factor está dado por la falta de mantenimiento a las máquinas y herramientas utilizadas para realizar el corte en los rollos de tela para el limpión. Gracias a las visitas realizadas, se pudo contabilizar que se tienen 3 cortadoras de pie, sin embargo, dos de estas están fuera de servicio debido a que se han presentado problemas por partículas de tela en el mecanismo, desalineación, falta de lubricación y errores de configuración.

Asimismo, se constató que la velocidad de trabajo inadecuada de la operadora y la capacidad de la máquina para manejar un material en particular, como un tipo específico de tela, provocan un desgaste prematuro de las cuchillas y componentes de la máquina, comprometiendo su funcionalidad y precisión en el corte [46].

- **Medición**

Durante el análisis de este factor, se pudo constatar que tanto los procedimientos como herramientas de medición no son los más adecuados. El área de corte cuenta con instrumentos típicos en la confección de textiles, como: cintas métricas, reglas y escuadras, moldes o patrones, los cuales

presentan desgaste en su escala de medición. Por tanto, el uso de estos instrumentos genéricos no se ajusta correctamente a las necesidades de medición para todo el sistema operativo.

De igual forma, la falta de énfasis en la verificación de las mediciones durante esta etapa de producción propicia que los errores en las dimensiones del limpión pasen desapercibidos, ya que al no conocer o tener en cuenta un estándar claro de corte se generan interpretaciones ambiguas por parte de la operadora y el jefe de producción [37].

- **Medio ambiente**

En el análisis llevado a cabo en las instalaciones del área de corte de la empresa, se pudo distinguir que el problema más importante es el del material particulado generado durante la ejecución del proceso, puesto que representa un riesgo elevado para la salud respiratoria de la operadora de forma directa y también a las personas inmiscuidas en la empresa. Se pudo observar que al momento de realizar la actividad, la operadora se coloca un pedazo de tela para cubrir su nariz y boca, pero esta no es la manera más eficiente de cuidar su salud ya que no es un equipo de protección como tal.

Por otro lado, las vibraciones que se considera que llega al puesto de trabajo es provocado por la máquina de sublimación, la cual opera ocasionalmente cuando se requiere sublimar algún textil, y por la propia máquina de corte vertical.

Es preciso mencionar que la actividad de corte se lleva a cabo generalmente, durante las primeras horas del día, por lo que la iluminación natural depende de las condiciones climáticas, ya que en su techado se tiene una combinación de láminas de zinc galvanizadas y translúcidas. Sin embargo, también se cuenta con iluminación artificial con lámparas de tubos fluorescentes ubicado encima de la mesa de corte [21].

Finalmente, la humedad en la empresa se pudo evidenciar por algunos productos textiles en mal estado al haber estado almacenado durante un largo

periodo de tiempo, de igual forma con algunos rollos de tela, los cuales presentan moho.

En cuanto al problema de calidad más frecuente encontrado en la etapa de maquila de la empresa, se tienen a los hilos sueltos o no rematados analizados en sus posibles causas representado en el diagrama Ishikawa de la Figura 21.

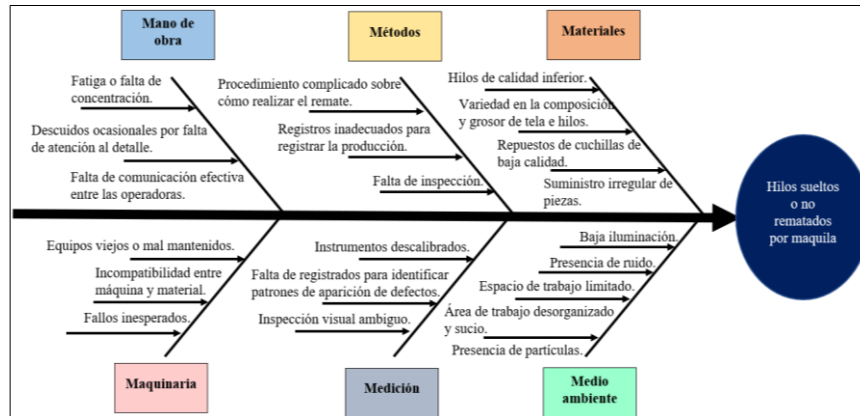


Figura 21. Mapeo del defecto "Hilos sueltos o no rematados"

- **Medio Ambiente**

La infraestructura dispuesta para el área de maquila no es la adecuada, ya que sus dimensiones no se acomodan a la cantidad de máquinas y personal disponible. En esta etapa, se tienen tres operadoras y siete maquinas, las cuales se utilizan dependiendo de lo que se vaya a maquilar. Sin embargo, estas máquinas están colocadas de tal forma que limitan el espacio de trabajo, teniendo un pequeño pasillo para movilizarse.

No obstante, el espacio general de trabajo se ve obstaculizado también por la existencia de perchas y otros objetos con piezas rechazadas y prendas textiles que no se acabaron de producir porque entró otra orden de distinto modelo, colocados generalmente en referencia a las zonas de iluminación natural, lo que resulta en una baja calidad de iluminación [6], aun contando con los tubos fluorescentes. Esta situación deriva a que también la ventilación del material particulado presente en el aire no se pueda eliminar del ambiente de trabajo.

Otro aspecto para destacar es la presencia de ruido y vibraciones provocadas por las propias máquinas de costura, que al estar encendidas las tres que ocupa

cada operadora, el ambiente se torna pesado para cada una y puede dar cabida al desarrollo de estrés y fatiga [10].

- **Mano de obra**

Las operadoras cuentan con cierto nivel de experiencia en la confección de textiles particularmente, sin embargo cada una tiene una forma distinta de realizar las actividades y solucionar problemas, por lo que existen casos en los que se quieren ayudar entre sí y no se hacen caso debido al estrés por cumplir con la orden o por el ruido presente en el puesto.

De esta forma, las involucradas deben permanecer concentrada con todos sus sentidos porque están manejando máquinas de costura y aparte de perder el material, pueden sufrir accidentes como atrapamientos, cortes o lesiones [46]. Es decir, al ser las piezas de dimensiones relativamente cortas, su mano puede quedar expuesta al pasar los bordes del limpión con la mano por la aguja de costura.

- **Métodos**

La ausencia de un procedimiento estándar facilita que las operadoras lleven a cabo sus tareas de acuerdo con su propia interpretación y experiencia. Por ejemplo, cada operadora tiene su propio método para registrar las cantidades producidas, tanto las que cumplen con los estándares como las que presentan fallas, utilizando sistemas que solo ellas comprenden y les resulta más fácil y ahorro de tiempo.

- **Maquinaria**

Las máquinas de costura disponibles llevan en la empresa un alrededor de 8 años, durante los cuales no se han llevado a cabo un mantenimiento como tal. Por tal motivo, se pudo evidenciar que una de las tres máquinas activas generaba más ruido por vibración que las otras, debido a que presenta problemas mecánicos provocados una mala conexión eléctrica que afecto al motor.

La rapidez de trabajo tiene como consecuencia que el portaagujas se desgaste, rompa debido al material defectuoso o generalmente, por la fuerza excesiva que utiliza la operadora para colocar nuevamente la aguja [18]. Por último, se pudo conocer que una máquina quedó obsoleta porque tuvo un problema en su pedal y hoy en día, sirve como fuente para cambiar piezas en el caso de que se necesite.

- **Medición**

Durante la observación de la fase de maquila, se puede mencionar que no existe una inspección de las piezas procedentes de la etapa de corte, puesto que solo se cuentan cuantos limpiones llegan a ese subproceso. Sin embargo, al momento que van cogiendo las piezas para rematar realizan una segunda inspección, por llamarlo de alguna forma, y desechan las piezas que creen que tienen sus dimensiones muy cortas o sobrepasan las especificaciones de forma exagerada [35].

- **Materiales**

La cantidad diaria que se produce de limpiones provoca una escasez de hilos, agujas o cuchillas para seguir con el trabajo, para lo cual si no se han abastecido correctamente proceden a utilizar hilos más gruesos o finos para no parar definitivamente el sistema productivo.

3.5.3 Cinco Por qué (5-Wh)

Se emplea la metodología de los “5 por qué” con el propósito de contrastar sus resultados con los de la herramienta previa y obtener una comprensión más completa de las causas subyacentes que generan los defectos bajo análisis. Este enfoque se aplica a cada etapa del proceso de estudio (ver Anexo G) con el fin de identificar las subcausas o causas raíz que puedan estar provocando los problemas estudiados, permitiendo así una visión más detallada y precisa para su posterior abordaje y solución.

Tabla 26. 5W para el área de corte del operador 1

Dimensiones inadecuadas		
Operador 1		
1	¿Por qué los limpiones presentan dimensiones inadecuadas?	Por motivo de la tela que viene de diferente medida.
2	¿Por qué?	A veces por motivo del dibujo.
3	¿Por qué?	Por la cuchilla no afilada.
4	¿Por qué?	Por mal corte.
5	¿Por qué?	Por motivo de los moldes inadecuados.

Tabla 27. 5W para el área de corte del operador 2

Dimensiones inadecuadas		
Operador 2		
1	¿Por qué los limpiones presentan dimensiones inadecuadas?	Porque el ancho de la tela no tiene las dimensiones correctas.
2	¿Por qué?	El proveedor de la tela la entrega angosta.
3	¿Por qué?	Porque su control de calidad no es constante.
4	¿Por qué?	Si se solicita mayor control el costo por kilo sube.
5	¿Por qué?	El proceso se hace más lento y aumenta costo de mano de obra.

Con la técnica de los “5 por qué” se analiza que el primer operador focalizó aspectos internos, sugiriendo que la variabilidad en las medidas de la tela y problemas en las herramientas de corte podrían estar contribuyendo al problema. Esta visión apunta hacia posibles deficiencias en el control de calidad dentro del proceso de producción.

En contraste, el segundo operador destaca los aspectos externos al proceso, indicando que el proveedor es responsable de entregar tela con medidas incorrectas debido a un control de calidad inconsistente. Este punto de vista resalta la importancia de establecer y mantener estándares con los proveedores externos. Por tanto, ambos enfoques convergen en la relevancia crítica de la calidad de la materia prima en el proceso de corte y al abordar este problema se reflejaría en la adopción de mejoras en los procesos internos y en la necesidad de establecer una comunicación afectiva con el proveedor para asegurar una calidad consistente en la materia prima suministrada [22].

Finalmente, los problemas con la calidad de las cuchillas, mencionados por el primer operador, sugieren que la condición de la maquinaria y herramienta de corte está contribuyendo a que se generen defectos, particularmente en las medidas correctas. Es decir, si los instrumentos no están calibrados correctamente, esto impactaría directamente en la precisión en el corte y, por ende, en las dimensiones de los productos resultantes [14].

Tabla 28. 5W para el área de maquila del operador 1

Hilos sueltos o no rematados		
1	¿Por qué se los limpiones terminan con hilos sueltos o no rematados?	Porque los dientes de la máquina overlock a veces jala muy fuerte el limpión y la costura se suelta.
2	¿Por qué?	Porque la máquina es para otro tejido.
3	¿Por qué?	Porque las agujas no son las correctas.
4	¿Por qué?	Porque el corte es irregular, ya que el tamaño es muy variado.

Tabla 29. 5W para el área de maquila del operador 2

Hilos sueltos o no rematados		
1	¿Por qué se los limpiones terminan con hilos sueltos o no rematados?	Porque a veces esta la cuchilla sin afilar o no coge bien el limpión en la máquina de coser.
2	¿Por qué?	Porque el hilo siempre se rompe.
3	¿Por qué?	Porque el corte está desigual y no se arregla cosiendo.
4	¿Por qué?	Porque el limpión viene con falla por tela.
5	¿Por qué?	Porque la aguja está con la punta rota y se daña la puntada.

Tabla 30. 5W para el área de maquila del operador 3

Hilos sueltos o no rematados		
1	¿Por qué se los limpiones terminan con hilos sueltos o no rematados?	Porque viene con fallas de tela.
2	¿Por qué?	Porque no se puede coser las fallas.
3	¿Por qué?	Porque la máquina no puede pasar esa tela.
4	¿Por qué?	Porque la tela viene con huecos.
5	¿Por qué?	Porque están descuadrados.

Con los puntos de vista de los involucrados en el área de maquila, se consigue tener una visión completa para la generación del defecto de estudio. Para esto, el primer operador destaca que la máquina de costura a su disposición está diseñada para un

tejido distinto al utilizado, por lo que, genera una tracción sobre el limpión y provoca la suelta de la costura. Esta situación conlleva a la elección incorrecta de agujas y a cortes irregulares debido a la variabilidad en el tamaño del tejido en las piezas provenientes del proceso de corte. En conclusión, esta incompatibilidad entre la maquinaria y el material parece ser la causa principal de la problemática [17].

En cuanto al segundo operador, se profundiza en los inconvenientes de la máquina de costura. Se menciona que una cuchilla sin afilar o un agarre deficiente del limpión resultan en roturas frecuentes del hilo y cortes desiguales [19]. Además, se identifica que las piezas presentan defectos intrínsecos en la tela, y el uso de una aguja dañada complica aún más la situación, impactando directamente en la calidad de la puntada.

Por otro lado, el tercer operador destaca los problemas inherentes a la tela misma, mencionando defectos como huecos y áreas desiguales que dificultan el manejo durante la costura con la máquina.

En resumen, los análisis resaltan la complejidad del problema, en la que se destaca la interrelación entre la maquinaria, calidad de la materia prima y la ejecución del corte y la puntada para el bordado. La falta de correspondencia entre la máquina y el tejido, junto con los defectos textiles, genera complicaciones a lo largo del proceso [48]. Además, se acentúan los problemas con la falta de mantenimiento de las máquinas y la utilización de herramientas desgastadas o dañadas, lo que agrava aún más la situación.

Para esto, sugiere una estrategia integral, con el fin de resolver eficazmente los problemas de las áreas de estudio [29], en el cual se enfoquen los esfuerzos en ajustar la maquinaria en función al tejido específico, garantizar la calidad de la tela suministrada y la ejecución de un plan de mantenimiento preciso en las mismas.

3.5.4 Identificación de causas raíz

Tras el análisis realizado en el apartado anterior, se consiguió identificar las causas raíz de los defectos de las dimensiones inadecuadas e hilos sueltos o no rematados para reducirlos, según la metodología Seis Sigma. La Tabla 31 muestra la información

referente a estas causas con sus características para las cuales el proyecto enfocará las medidas de mejora.


Tabla 31. Descripción causas raíz

Etapa	Defecto	Causa raíz	Descripción
Corte	Dimensiones inadecuadas	Rollo de tela de diferente medida por parte del proveedor.	El bajo control realizado a los rollos de tela por el proveedor se debe a los costos monetarios que la empresa no está dispuesta a pagar.
	Cortes irregulares	Mantenimiento inadecuado de las cuchillas.	Este defecto se debe a un mantenimiento inapropiado de las cuchillas, y de la máquina de corte en general. Esto impide que el equipo conserve su funcionalidad y precisión necesario para realizar la actividad.
	Variaciones en la forma de corte	Uso incorrecto de los moldes o patrones de corte.	Esta práctica inapropiada conlleva a errores en la forma de los cortes, generando inconsistencias en las piezas cortadas, afectando en la precisión y uniformidad requerida para esta actividad.
	Desgaste de las herramientas y máquinas de corte	Falta de mantenimiento preventivo del equipo de corte.	Es el resultado directo de la falta de mantenimiento preventivo en estos equipos, ya que la ausencia de revisiones y cuidados periódicos provoca un deterioro gradual de los componentes internos.
Maquila	Hilos sueltos o no rematados	Uso de equipo de costura incorrecto para el tejido.	La falta de correspondencia entre el tipo de tejido y equipo de costura utilizado provoca problemas en la costura de los hilos.
	Rotura de hilos y costura deficiente	Ajustes incorrectos en la máquina overlock.	Surgen debido a la configuración errónea en el equipo de corte, puesto que resulta en la ruptura frecuente de hilos durante el proceso y productos con rematado no terminado.
	Rotura de agujas durante la costura	Selección inadecuada de agujas para el tipo de tela.	La incompatibilidad entre el tipo de aguja y la textura o grosor de la tela provoca la rotura durante la costura.

3.5.5 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

Una vez detectados los problemas primordiales o posibles fallos junto con sus causas fundamentales, se procede a identificar, describir y valorar el riesgo asociado a estos a través de una matriz AMEF, para comprender de manera más profunda cómo estos problemas podrían manifestarse, evaluando sus posibles consecuencias y determinando su impacto en el proceso o producto en cuestión.

Tabla 32. Matriz de análisis y modo de falla (AMEF)

		Nombre del producto:		Limpión	Elaborado por:		Alex Paredes		
		Responsable:			Fecha clave:				
		Página:		01	AMEF N°:		01		
		Fecha AMEF (original):			Revisión:				
Etapa	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de falla	Severidad	Proceso actual		Ocurrencia	Controles de detección	Detección	NPR
				Causa(s) potenciales de falla					
Corte	Mal corte	Dimensiones inadecuadas	8	Rollo de tela de diferente medida por parte del proveedor.		4	Control visual	7	224
	Problemas con elafilado de las cuchillas	Cortes irregulares	8	Mantenimiento inadecuado de las cuchillas.		7	Ninguno	10	560
	Trazabilidad de los moldes o patrones	Variaciones en la forma de corte	9	Uso incorrecto de los moldes o patrones de corte.		4	Control visual	8	288
	Deterioro del equipo de corte	Desgaste de las herramientas y máquinas de corte	7	Falta de mantenimiento preventivo del equipo de corte.		4	Ninguno	9	252
Maquila	Costuras sueltas	Hilos sueltos o no rematados	7	Uso de equipo de costura incorrecto para el tejido.		7	Control visual	8	392
	Máquina overlock jala la tela demasiado fuerte	Rotura de hilos y costura deficiente	7	Ajustes incorrectos en la máquina overlock.		9	Ninguno	9	567
	Uso incorrecto de agujas	Rotura de agujas durante la costura	6	Selección inadecuada de agujas para el tipo de tela.		5	Ninguno	5	150

Nota: Valores de G entre 1 y 10; Valores de O entre 1 y 10; Valores de D entre 10 y 1.

a. Número de prioridad del riesgo NPR

Mediante el uso de la Tabla 10, se contabiliza en relación con los rangos de prioridad alta, media y baja con el objetivo de obtener una referencia global de las causas en cuanto a los defectos de las piezas de limpión con dimensiones inadecuadas e hilos sueltos o no rematados. Por tanto, se agrupan los datos después de haber analizado por medio de la matriz AMEF, como se presenta en la Tabla 33:

Tabla 33. Escala valorativa calculada

NPR	Nivel de riesgo	Frecuencia	%Relativo
500 – 1000	Alto	2	28,57%
125 – 499	Medio	5	71,43%
1 – 124	Bajo	0	0%
Total		7	100%

Análisis:

En base a la Tabla 33, se menciona que el 28,57% de las causas tienen un nivel de riesgo alto, dentro del cual constan 2 causas. Por otro lado, el nivel de riesgo medio abarca una proporción igual a 71,43%, por estar conformada por 5 causas, y por último, el nivel de riesgo bajo no tiene un valor de causa estimada. Por lo tanto, los esfuerzos se deben concentrar a las causas calificadas con un nivel de riesgo alto, siendo estos los mantenimientos para los equipos para las actividades de corte y maquila.

Discusión:

La implementación de la Matriz AMEF permitió la identificación de las causas potenciales de falla, derivados del proceso del limpión, que requieren acciones de mejora, priorizando los de alto, medio y bajo nivel de riesgo, respectivamente. En particular, las causas con un riesgo elevado se basan en situaciones asociadas a la necesidad de un mantenimiento del equipo utilizado en el corte y la maquila del objeto de estudio, lo cual evidencia su impacto significativo en la operatividad.

De este modo, el estudio [46] se propuso reducir el porcentaje de defectuosos en la producción de prendas de vestir, para lo cual se aplicó la metodología AMEF para priorizar los modos de falla según su criticidad y su impacto en la calidad y eficiencia del proceso. Con esto, se observó una reducción del 7% de defectuosos gracias a los

programas de capacitación y disminución de riesgos, costos operativos y mejora de calidad, lo cual ofrece una base sólida para su aplicación en la optimización de los sistemas de producción de prendas de vestir.

3.6 MEJORAR

La fase de mejora del presente estudio tiene como objetivo proponer acciones concretas para eliminar las dos causas raíz identificadas en la fase de análisis. No obstante, es importante mencionar que este estudio no contempla la fase de controlar debido a que no se implementan las alternativas de mejora propuestas.

Así pues, se presentan las ideas de propuesta para acción de mejora que disminuyan o eliminen, en el mejor de los casos, las causas raíz de los limpiones en su proceso de corte y maquila definidos a partir de la metodología de la Matriz AMEF.

Las tablas presentadas a continuación, muestran las causas raíz definidas (X vitales) con su respectivo efecto potencial de falla, solución y descripción.

Tabla 34. Mejoras propuestas para defecto “dimensiones inadecuadas”

Dimensiones inadecuadas		
Causa raíz	Objetivo de calidad a implementar	Detalle
Falta de inspección adecuada a los rollos de tela entrante.	Establecer un protocolo de inspección para la materia prima antes de su uso en la producción.	Se busca abordar la falta de inspección en la materia prima mediante la implementación de un proceso estructurado de inspección.
Mantenimiento inadecuado de las cuchillas.	Establecer un plan estructurado para el mantenimiento regular de las máquinas de corte.	Se apunta a corregir el problema de mantenimiento de las cuchillas y del equipo en general, mediante la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para asegurar que el equipo se mantenga en óptimas condiciones. Esta solución también va dirigida a la cuarta causa raíz denominado “Falta de mantenimiento preventivo del equipo de corte”.
Uso incorrecto de los moldes o patrones de corte.	Capacitar y orientar sobre el manejo adecuado de los moldes y herramientas.	Se busca que los temas a tratar se basen en: <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los moldes. • Manejo y cuidado de los moldes. • Alineación y ajustes de moldes.
	Adquirir moldes o herramientas de mejor calidad para medir las variables del limpión.	Se busca mejorar la calidad y precisión del proceso, reduciendo los problemas de dimensionamiento del producto.

Tabla 35. Mejoras propuestas para defecto “hilos sueltos o no rematados”

Hilos sueltos o no rematados		
Causa raíz	Objetivo de calidad a implementar	Detalle
Uso de equipo de costura incorrecto.	Capacitar sobre el uso correcto de los equipos de costura específicos para el tejido en cuestión.	Se busca asegurar que las operadoras estén completamente familiarizadas con el funcionamiento adecuado de las máquinas de costura.
Ajustes incorrectos en la máquina overlock.	Implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de costura.	Se busca asegurar el funcionamiento óptimo y duradero de las máquinas overlock utilizadas en esta etapa para reducir los riesgos de problemas operativos y maximizando la calidad y consistencia en la producción.
Selección inadecuada de agujas.	Capacitar y orientar en cuanto a la correcta selección de las agujas.	Se busca que los temas a tratar se basen en: <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de agujas y sus características. • Factores para considerar al seleccionar agujas. • Mantenimiento y cambio de agujas.

Una vez terminado la etapa de generación de propuestas de mejora para disminuir el nivel de riesgo de fallas en las etapas de producción, se seleccionan las más factibles para ser implementadas a la realidad de la empresa [46]. Para esto, la dirección de la empresa ha mostrado gran interés en el desarrollo de las propuestas presentadas, sin embargo, se sugirió que se tome en cuenta la realidad de la empresa, en términos económicos.

3.6.1 Plan de implementación

Para este apartado se establecen las actividades a ejecutarse las propuestas de mejora, además de los responsables, costos y el momento de su aplicación. El plan se desarrolla en función a la técnica “5W-2H” con la que se busca responder las preguntas sobre los aspectos mencionados anteriormente. Sin embargo, ya no se toma en cuenta la pregunta “¿Why? o ¿Por qué?” por el hecho de que esta ya se la trató en la identificación de las X potenciales, ya que para esta parte se busca direccionar las acciones a la reducción de los problemas de calidad.

Tabla 36. Plan de implementación – Área de corte – Causa raíz 1

Causa raíz:	Falta de inspección adecuada a los rollos de tela entrante.
¿Qué se va a realizar?	Crear un protocolo de evaluación de calidad a la materia prima después de ser suministrado por el proveedor.
¿Cómo se va a realizar?	Mediante la creación de un manual de procedimientos para control de materia prima. Ver Anexo I.
¿Dónde se va a realizar?	En el área de recepción de materia prima.
¿Quién va a realizarlo?	Jefe de producción
¿Cuánto se estima?	Se debe presentar un presupuesto tentativo en el que se incluyan costos de: honorarios del instructor, material didáctico y de ser el caso, equipos de demostración.
¿Cuándo se va a realizar?	Cada que se vaya a recibir la materia prima

Tabla 37. Plan de implementación – Área de corte – Causa raíz 2

Causa raíz:	Mantenimiento inadecuado de las cuchillas.
¿Qué se va a realizar?	Plan de mantenimiento preventivo para el equipo de corte disponible.
¿Cómo se va a realizar?	Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo para la máquina de corte. Ver Anexo K.
¿Dónde se va a realizar?	Cerca del área de corte
¿Quién va a realizarlo?	Un instructor especializado en el mantenimiento de equipos de costura o un mecánico certificado.
¿Cuánto va a costar?	Se debe presentar un presupuesto tentativo en el que se incluyan costos de: honorarios del instructor, material didáctico y de ser el caso, equipos de demostración.
¿Cuándo se va a realizar?	06/02/2024

Tabla 38. Plan de implementación – Área de corte – Causa raíz 3

Causa raíz:	Uso incorrecto de los moldes o patrones de corte.
¿Qué se va a realizar?	Capacitaciones sobre el correcto uso de los moldes y patrones utilizados para realizar el corte de limpión.
¿Cómo se va a realizar?	Con capacitaciones a los involucrados sobre el uso correcto de los moldes y patrones utilizados y el impacto que se tendría al no realizar correctamente el uso.
¿Dónde se va a realizar?	En el puesto de trabajo, para una mejor interpretación.
¿Quién va a realizarlo?	Un instructor especializado en el manejo de esos equipos.
¿Cuánto va a costar?	Se debe presentar un presupuesto tentativo en el que se incluyan costos de: honorarios del instructor, material didáctico y de ser el caso, equipos de demostración.
¿Cuándo se va a realizar?	01/02/2024

Tabla 39. Plan de implementación – Área de maquila – Causa raíz 1

Causa raíz:	Uso de equipo de costura incorrecto.
¿Qué se va a realizar?	Capacitaciones en el uso adecuado del equipo de costura para los distintos tejidos entregados por el proveedor.
¿Cómo se va a realizar?	Con sesiones prácticas y teóricas, mostrando técnicas y ajustes específicos para el tejido en cuestión. Se incluirán demostraciones y ejercicios prácticos.
¿Dónde se va a realizar?	En el área de maquila, para tener cerca los equipos de costura.
¿Quién va a realizarlo?	Un instructor especializado en el manejo de esos equipos.
¿Cuánto va a costar?	Se debe presentar un presupuesto tentativo en el que se incluyan costos de: honorarios del instructor, material didáctico y de ser el caso, equipos de demostración.
¿Cuándo se va a realizar?	02/02/2024

Tabla 40. Plan de implementación - Área de maquila – Causa raíz 2

Causa raíz:	Ajustes incorrectos en la máquina overlock.
¿Qué se va a realizar?	Implementar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas overlock.
¿Cómo se va a realizar?	Con la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina overlock. Ver Anexo J.
¿Dónde se va a realizar?	Cerca del área de maquila.
¿Quién va a realizarlo?	Un instructor especializado en el mantenimiento de equipos de costura o un mecánico certificado.
¿Cuánto va a costar?	Se debe presentar un presupuesto tentativo en el que se incluyan costos de: honorarios del instructor, material didáctico y de ser el caso, equipos de demostración.
¿Cuándo se va a realizar?	06/02/2024

Tabla 41. Plan de implementación - Área de maquila – Causa raíz 3

Causa raíz:	Selección inadecuada de agujas.
¿Qué se va a realizar?	Capacitaciones sobre la selección adecuada de agujas para los tipos de tela existentes en la empresa.
¿Cómo se va a realizar?	Sesiones prácticas donde las operadoras examinen los tipos de tela y aprendan a identificar las características que requieren agujas específicas.
¿Dónde se va a realizar?	En el área de maquila, para tener cerca los equipos de costura.
¿Quién va a realizarlo?	Un instructor especializado en el manejo de esos equipos.
¿Cuánto va a costar?	Se debe presentar un presupuesto tentativo en el que se incluyan costos de: honorarios del instructor, material didáctico y de ser el caso, equipos de demostración.
¿Cuándo se va a realizar?	05/02/2024

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Luego de la investigación realizada, se concluye que:

- El corte y la maquila son áreas críticas debido a su influencia directa en la calidad del producto final, razón por la cual, en estas fases de la producción es en donde más oportunidades de error se generan.
- Existe una falta de compromiso con la calidad por parte de la empresa y que se manifiesta en problemas recurrentes como: dimensiones inadecuadas, cortes dentados o aserrados, sobre corte, tejido desgarrado y marcas de tizado en el corte y la presencia de hilos sueltos, costuras dobles, piezas arrugadas o dobladas y muescas o raspaduras en las piezas elaboradas en la maquila.
- La empresa carece de un método de detección de fallos o errores, por lo cual, los trabajadores no tienen un criterio técnico que les permita determinar si su labor está bien o mal realizada, generando inconsistencia y errores en los productos que manufacturan.
- La capacidad de la fase de corte en la producción del limpión de cocina presenta deficiencias significativas, evidenciadas por un nivel sigma de 1,08. Este valor se sitúa considerablemente por debajo del umbral aceptable de 3, establecido como estándar para empresas dentro de la misma rama textil.
- En la maquila, se registra un nivel de 2,61 sigmas, lo que implica aproximadamente 7 piezas defectuosas por cada 1500 unidades producidas. Situación que repercute económicamente en el precio final del producto, porque se tienen que hacer reprocesos para arreglar defectos generados en la producción.
- Inicialmente, para encaminarse en la filosofía del control de calidad la empresa debe implementar un manual de procedimientos para la recepción de materia

prima y ejecutar planes de mantenimiento preventivo en las máquinas de corte y costura.

- En general, la empresa no tiene un proceso con la capacidad de producir en los niveles sigma exigidos para la industria textil, lo que impacta negativamente en la calidad de sus productos, y que se manifiesta en pérdida de imagen, clientela y en general, competitividad en el mercado.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa que:

- Adoptar normas internacionales enfocadas al sector textil, como: ASTM e ISO; para trabajar con estándares y dejar aún lado los parámetros de trabajo actuales que están basados en la experiencia y en la revisión de ciertas normativas.
- Ejecutar un plan detallado de control de proveedores, incorporando evaluaciones rigurosas, protocolos de inspección meticulosos y una comunicación transparente.
- Para reducir el nivel de desacuerdos por repetibilidad se propone adquirir herramientas de medición adecuadas, y que se complemente con capacitaciones que garanticen mediciones consistentes y precisas.
- Implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia operativa al eliminar desperdicios y optimizar los procesos de manera constante.
- Llevar a cabo un análisis exhaustivo del material particulado en el entorno laboral como medida preventiva contra enfermedades profesionales asociadas, respaldado por enfoques similares en investigaciones previas.
- Desarrollar un estudio de factibilidad de las propuestas presentadas que les permita evaluar la viabilidad de aplicar estas mejoras, proporcionando una evaluación detallada de los aspectos técnicos, económicos y operativos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. González y D. Sacchero, “Variabilidad de la calidad de lanas en la provincia de Río Negro, Argentina”, *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, vol. 41, núm. 1, pp. 76–81, may 2021.
- [2] J. N. Malpartida Gutiérrez, D. Olmos Saldivar, S. M. Quiñones Chumacero, M. J. Ledesma Cuadros, G. García Curo, y J. R. Diaz Dumont, “Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil”, *Alpha Centauri*, vol. 2, núm. 3, pp. 72–90, jul. 2021, doi: 10.47422/ac.v2i3.45.
- [3] M. González Sobal, L. A. Calderón Palomares, M. Á. Solís Jiménez, y O. A. Del Ángel Coronel, “Modelación dinámica de la producción en una empresa textil del estado de Veracruz”, *Revista de análisis cuantitativo y estadístico*, vol. 5, núm. 17, pp. 6–12, dic. 2018.
- [4] T. Otavalo, D. Paredes, L. Calderón, y V. Guerra, “Importancia de la gestión de calidad en la productividad empresarial de las microempresas textiles de la ciudad de Otavalo en la provincia de Imbabura – Ecuador”, *Revista Espacios*, vol. 44, núm. 05, pp. 29–47, 2023. doi: 10.48082/espacios-a23v44n05pYY.
- [5] P. A. Soto Ramos, “Aplicación del Lean Manufacturing en PyMES de Confección Textil”, *ÑAWPARISUN-Revista de investigación Científica*, vol. 1, núm. 3, pp. 59–72, 2019. doi: 2504-7975.
- [6] H. E. Solís Ferrer y L. A. Chica Castro, “La metodología Just in Time como factor clave en las Pymes del sector textil”, *AlfaPublicaciones*, vol. 4, núm. 1.1, pp. 325–341, feb. 2022, doi: 10.33262/ap.v4i1.1.162.
- [7] P. H. Freire Bravo, “Aplicación de herramientas de calidad para mejorar el proceso de producción textil en la empresa TEXTILESP”, UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO, MILAGRO, 2020. Consultado: el 17 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/5963>
- [8] Delta Máquinas Textiles, “4 problemas que dificultan el crecimiento de la industria textil”. Consultado: el 24 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://deltamaquinastexteis.com.br/es/4-problemas-que-dificultan-el-crecimiento-de-la-industria-textil/>

- [9] S. Amaluisa Peñaranda, “Bajo nivel de crecimiento de la industria textil ecuatoriana: ¿Elevada concentración industrial o problemas productivos estructurales?”, *Boletín de Coyuntura*, vol. 1, núm. 21, p. 13, jun. 2019, doi: 10.31164/bcoyu.21.2019.691.
- [10] G. Rodríguez, “Estudio sectores textil-confección, cuero y calzado y metalmecánico carroceros de Tungurahua”, *Cámara de industrias de Tungurahua*, Ambato, 2018.
- [11] J. Castro, “La Industria Textil y de la Moda, Responsabilidad Social y la Agenda 2030”, *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, núm. 100, pp. 67–84, 2021.
- [12] V. Bonilla y A. Polivio, “Strategic prospective analysis of the Ecuadorian Productive Textile Sector to increase competitiveness in exports”, *SIGMA*, vol. 9, núm. 2, pp. 12–24, jul. 2022, doi: 10.24133/sigma.v9i02.2827.
- [13] R. I. Yépez Moreira, J. C. Muyulema Allaica, F. M. Ormaza Morejón, y R. Á. Sánchez Macías, “Instrumento de diagnóstico para el análisis y mejora de las operaciones de confección.”, *RIIT. Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, vol. 7, núm. 39, pp. 1–24, el 28 de septiembre de 2019.
- [14] J. C. Gárate Aguirre, “Factores que contribuyen en el aumento de la productividad de las pequeñas y medianas empresas textiles de cuenca ecuator.”, *Vinculatégica*, vol. 8, núm. 1, pp. 110–125, ene. 2022, doi: 10.29105/vtga8.1-300.
- [15] A. Luque González y G. Gallardo Carrillo, “Producción textil y su relación con la responsabilidad social corporativa”, *Dimensión Empresarial*, vol. 17, núm. 1, pp. 59–76, oct. 2018, doi: 10.15665/dem.v17i1.1591.
- [16] K. Altamirano, D. Rivas Carrera, y M. Chillogalli Chimbo, “La competitividad como factor de gestión en el sector industrial textil de la ciudad de Cuenca-Ecuador”, *Revista Polo del conocimiento*, vol. 6, núm. 7, pp. 1062–1082, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i7.2907.

- [17] L. J. Aguirre Santamaría, “Integración del diseño para el desarrollo del sector artesanal en la provincia de Tungurahua”, *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, núm. 6, pp. 85–105, 2018.
- [18] R. Lekamge y N. Ekanayake, “Internal Quality Failures of Apparel Industry: A Case from Sri Lanka”, *Open Journal of Business and Management*, vol. 09, núm. 05, pp. 2389–2406, 2021, doi: 10.4236/ojbm.2021.95129.
- [19] S. Mkwanzazi, “Evaluating factors of government investment in new industrial parks”, *Ideal Journal of Economics and Management Sciences*, vol. 5, núm. 1, pp. 1–7, 2019.
- [20] C. D. Ibarra Albuja y G. S. Berrazueta Lanas, “Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costo”, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, Quito, 2019.
- [21] S. Tuna, “Keeping track of garment production process and process improvement using quality control techniques”, *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 6, núm. 1, pp. 11–26, 2018, doi: 10.21533/pen.v6i1.162.
- [22] K. Ruggel Anacleto, “Gestión de calidad para incrementar la productividad en la empresa de confecciones JHONWIL y ESTEFANY E.I.R.L.”, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, 2020.
- [23] E. R. Delgado Espinoza, “Desarrollo del modelo de gestión para mejorar los procesos productivos y administrativos de talleres de confección en el contexto ecuatoriano”, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2022.
- [24] A. Rahman, S. U. C. Shaju, S. K. Sarkar, M. Z. Hashem, S. M. K. Hasan, y U. Islam, “Application of Six Sigma using Define Measure Analyze Improve Control (DMAIC) methodology in Garment Sector”, *Independent Journal of Management & Production*, vol. 9, núm. 3, p. 810, sep. 2018, doi: 10.14807/ijmp.v9i3.732.
- [25] M. A. Abtew, S. Kropi, Y. Hong, y L. Pu, “Implementation of Statistical Process Control (SPC) in the Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement”, *Autex Research Journal*, vol. 18, núm. 2, pp. 160–172, jun. 2018, doi: 10.1515/aut-2017-0034.

- [26] I. Yiselis, R. Vignon, y Y. Fuentes Matos, “Control estadístico de la calidad en la empresa Transtur Guantánamo”, *RILCO DS: Revista de Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, núm. 19, pp. 51–62, 2021.
- [27] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*, 3ra. México D.F: McGraw-Hill, 2013.
- [28] G. P. Torres Guananga, J. C. Rodríguez León, A. F. Inca Falconi, Á. G. Castelo Salazar, y E. L. Ríos Sanipatin, “La gestión por procesos un sistema de control eficiente en las empresas”, *Ciencia Digital*, vol. 3, núm. 2.6, pp. 495–514, jun. 2019, doi: 10.33262/cienciadigital.v3i2.6.600.
- [29] R. Carro Paz y D. González Gómez, *Control estadístico de procesos*. Mar del Plata, 2012. Consultado: el 21 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1617/1/12_control_estadistico.pdf
- [30] K. Ishikawa, *Introducción al control de calidad*. Madrid: Editorial Sudamericana, 1994.
- [31] L. G. Enríquez Zárate y M. Á. Rodríguez Lozada, “Beneficios de utilizar el Análisis ABC en la administración de inventarios en una Pequeña y Mediana Empresa (PyME) comercializadora en Tlaxcala, México”, *Ciencia Administrativa*, pp. 10–20, 2020.
- [32] D. Besterfield, *Control de calidad Control de calidad*, Octava. México D.F.: Pearson Educación, 2009.
- [33] J. Ortiz, J. Salas, L. Huayanay, R. Manrique, y E. Sobrado, “Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antiflama de Lima - Perú”, *Revista Industrial*, vol. 1, núm. 25, pp. 103–105, jul. 2022, doi: 10.15381/idata.v25i1.2150.
- [34] M. Arias Molina, “Análisis de normalidad. Una imagen vale más que mil palabras”, *Revista electrónica de AnestesiaR*, vol. 14, núm. 12, La Paz, diciembre de 2022.

- [35] F. Tapia, C. Ernesto, F. Cevallos, K. L. Carlos, E. Flores Tapia, y K. Lissette, “PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV”, *Periodicidad: Semestral*, vol. 23, núm. 2, p. 2021, 2021.
- [36] Ministerios de trabajo y asuntos sociales, “NTP 679: Análisis modal de fallas y efectos. AMEF”, Madrid, 2004.
- [37] J. Vicente González Sosa, M. Amanda Lolita Pineda Norman, J. Ángel Hernández Rodríguez, M. Martha Hanel González, y E. José Ángel Hernández, “Repetibilidad y reproducibilidad con el método ANOVA aplicado a la ingeniería: caso de estudio”, *Revista de la Realidad Global AcademiaJournals.com*, vol. 9, núm. 1, p. 68, 2020.
- [38] M. A. Hurtado Obando, “¿Debería ser tan pequeño el nivel de significancia en una prueba de hipótesis?”, *Revista Torreón Universitario*, vol. 12, núm. 33, pp. 31–41, mar. 2023, doi: 10.5377/rtu.v12i33.15886.
- [39] Minitab, “Prueba de normalidad”. Consultado: el 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>
- [40] G. López Calvajar, Z. Mazaira Rodríguez, I. Alonso Hernández, y H. R. Cabrera, “Análisis de la calidad de las mediciones en el proceso de laboratorio”, *Revista Espacios*, vol. 39, pp. 6–18, 2018.
- [41] M. A. Hurtado Obando, “¿Debería ser tan pequeño el nivel de significancia en una prueba de hipótesis?”, *Revista Torreón Universitario*, vol. 12, núm. 33, pp. 31–41, mar. 2023, doi: 10.5377/rtu.v12i33.15886.
- [42] M. M. Arias y M. Molina, “Lectura crítica en pequeñas dosis ¿Qué significa realmente el valor de p?”, *Rev Pediatr Aten Primaria*, vol. 19, pp. 377–81, 2018.
- [43] K. V. León Lescano, R. Dávila Laguna, y J. E. Gutiérrez Ascón, “Control estadístico de procesos para mejorar la calidad de prendas industriales en la

- empresa Nono Fashion SAC, Lima 2017.”, *Revista Científica EPígmali3n*, vol. 1, jun. 2019, doi: <https://doi.org/10.51431/epigmalion.v1i1.471>.
- [44] B. de J. Rahmer, H. Garz3n Sa3enz, y J. Solana Garz3n, “An3lisis comparativo de indicadores de capacidad multivariante. El caso del cl3ster manufacturero cartagenero”, *Revista de m3todos cuantitativos para la econom3a y la empresa*, vol. 2020, n3m. 29, pp. 172–189, 2020.
- [45] N. Abbes, N. Sejri, J. Xu, y M. Cheikhrouhou, “New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry”, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, n3m. 11, pp. 9079–9094, nov. 2022, doi: 10.1016/j.aej.2022.02.047.
- [46] F. L. Gaspar P3rez, R. M. Nazario Ram3rez, y L. -Per3, “Implementaci3n de propuesta para reducir el porcentaje de productos defectuosos en la producci3n de chompas en la empresa Jorky Maky Sac”, 2022.
- [47] D. Zimon y P. Domingues, “Proposal of a concept for improving the sustainable management of supply chains in the textile industry”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, vol. 26, n3m. 2, pp. 8–12, 2018, doi: 10.5604/01.3001.0011.5732.
- [48] R. Gonz3lez Garc3a, S. Ju3rez Le3n, I. Guevara Ram3rez, y J. E. C. Garc3a P3rez, “DMAIC-SIX SIGMA DMAIC Six Sigma”, *Revista RELAYN*, vol. 5, n3m. 3, pp. 164–180, 2021.

ANEXOS

Anexo A. Brainstorming para defectos en los artículos

A1. Lluvia de ideas registradas en las áreas de corte y maquila

Corte			
1	Sobre corte	6	Desalineación de patrones
2	Cortes dentados o aserrados	7	Desgarros en el tejido
3	Residuos de fabricación	8	Decoloración
4	Dimensiones inadecuadas	9	Formación de bolitas
5	Falta de absorción	10	Marcas de tizado
Maquila			
1	Hilos sueltos o no rematados	11	Dureza por humedad
2	Perforaciones por puntadas	12	Limpiones con dobles puntadas
3	Inconsistencia en el grosor	13	Piezas arrugadas o dobladas
4	Variaciones de color	14	Bordes desgarrados por atrapamiento
5	Desalineación en el tejido	15	Costuras dobles
6	Fragilidad excesiva		
7	Residuos de fabricación no eliminados		
8	Rotura de tela por excesiva fuerza de la aguja		
9	Muecas o raspaduras en las piezas		
10	Piezas con dimensiones diferentes		

Anexo B. Voz de cliente para críticos de calidad (CTQ's)

B1. Requisitos del cliente para el área de corte


Técnica de recolección VOC		Producto	Limpión 8000.1		
		Cliente interno	Maquila		
Voz del cliente: requisitos	Voz del proceso: requisitos técnicos para satisfacción	Puntuación	Clasificación	Parámetros críticos para CTQ's	Unidad de medición
Piezas con medidas exactas	Las dimensiones deben cumplir con las tolerancias específicas.	5	Crítico	Tolerancias de medida dentro de los límites establecidos.	Milímetros
	Utilizar herramientas de medición precisas durante la producción.	5	Crítico		
Piezas de tela en buen estado	Inspección visual de la tela antes de la producción.	4	Importante	Tolerancias de medida dentro de los límites establecidos.	Subjetiva basada en criterios predefinidos
	Utilizar proveedores confiables para asegurar la calidad del material.	3	Sería bueno tenerlo		
Eficiencia en el tiempo de entrega	Establecer un cronograma de producción realista.	4	Importante	Cumplimiento de los plazos de entrega.	Días hábiles

B2. Requisitos del cliente para el área de maquila

Técnica de recolección VOC		Producto	Limpión 8000.1		
		Cliente externo	Consumidor final		
Voz del cliente: requisitos	Voz del proceso: requisitos técnicos para satisfacción	Puntuación	Clasificación	Parámetros críticos para CTQ's	Unidad de medición
Cumplimiento de tiempo y cantidades de entrega	Programación eficiente de la producción para cumplir con los plazos de entrega.	4	Importante	Precisión en la programación de producción.	Días. Unidades entregadas.
				Exactitud en la cantidad de unidades producidas.	
Calidad de piezas consistencias	Control de calidad riguroso durante la fabricación.	5	Crítico	Tolerancias de calidad especificadas.	Milímetros o centímetros para dimensiones específicas.
				Uniformidad en las propiedades físicas.	
Integridad y estado físico	Inspección detallada para garantizar la integridad y el estado físico de las piezas.	3	Sería bueno tenerlo	Ausencia de defectos visuales.	Número de defectos por unidad.
				Resistencia y durabilidad.	
Calidad del producto final	Procesos de producción que garanticen la calidad global del producto.	5	Crítico	Conformidad con estándares de calidad establecidos.	Porcentaje de cumplimiento con estándares.
Entrega oportuna	Logística eficiente y coordinación para garantizar entregas a tiempo.	4	Importante	Cumplimiento de plazos establecidos.	Días
				Ausencia de retrasos en la entrega.	
Ayuda postventa	Establecimiento de un sistema efectivo de atención al cliente postventa.	4	Sería bueno tenerlo	Tiempo de respuesta postventa.	Tiempo de respuesta. Satisfacción del cliente (%).
				Satisfacción del cliente después de la venta.	
Precio justo	Establecimiento de un sistema de fijación de precios transparente y equitativo.	5	Crítico	Equidad en comparación con el valor percibido.	Efectivo (\$)

Anexo C. Ensayo de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)

C1. Registro mediciones para el área de corte



ESTUDIO R&R								
Registro de mediciones de ancho y largo de limpienes								
Área de corte								
Nro. De artículo	Ensayo 1				Ensayo 2			
	Operador 1		Operador 2		Operador 1		Operador 2	
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	33,1	32	32,8	31,7	32,5	32,4	32,8	31,8
2	31,2	30,4	30,7	32	30,7	30,7	30,7	31,8
3	32	31,4	32,8	31,6	32,3	31,4	32,7	31,5
4	32,2	32,4	31,9	31,8	32,1	31,2	32,3	31,1
5	30	29,5	30,9	30,8	30,3	31,9	31,9	30,8
6	30,5	30,4	30,8	30,6	29,7	33,5	30,1	30
7	28,7	30,9	28,3	29,5	28,7	30,7	28,9	29,4
8	30,2	29,8	30	31	30,1	30,5	30,1	31,2
9	30	31	29,9	27,9	29,8	30,5	29,4	30,6
10	30	30,3	30,9	31,3	30	30,1	30	30

C2. Registro mediciones para el área de maquila

ESTUDIO R&R											
Método: Án alisis de riesgo											
Área de maquila											
Nro. De artículo	Semana 1			Nro. De artículo	Semana 2			Suma	Repetibilidad		
	Op 1	Op 2	Op 3		Op 1	Op 2	Op 3		Op 1	Op 2	Op 3
1	1	1	1	1	1	1	0	5	0	0	1
2	1	1	0	2	1	1	0	4	0	0	0
3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	4	1	0	1	4	1	1	0
5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	0	6	1	1	1	5	0	0	1
7	0	0	0	7	0	0	1	1	0	0	1
8	1	1	1	8	1	1	1	6	0	0	0
9	0	1	1	9	1	1	1	5	1	0	0
10	1	1	1	10	1	1	1	6	0	0	0
11	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	1	12	1	1	1	6	0	0	0
13	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	14	1	1	1	6	0	0	0
15	1	1	1	15	1	1	1	6	0	0	0
16	1	1	1	16	1	1	1	6	0	0	0
17	0	0	1	17	0	0	0	1	0	0	1
18	1	1	1	18	0	1	1	5	1	0	0
19	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	0	20	1	1	1	5	0	0	1
21	1	1	1	21	1	1	1	6	0	0	0
22	1	1	0	22	1	0	1	4	0	1	1
23	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	1	1	24	1	1	1	5	1	0	0
25	1	0	1	25	1	1	1	5	0	1	0
26	1	1	1	26	1	1	1	6	0	0	0
27	1	1	1	27	1	1	1	6	0	0	0
28	0	1	1	28	1	1	1	5	1	0	0
29	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	30	1	1	1	6	0	0	0
31	0	1	0	31	1	0	0	2	1	1	0
32	1	1	1	32	1	1	0	5	0	0	1
33	1	1	1	33	1	1	1	6	0	0	0
34	1	1	1	34	0	1	1	5	1	0	0
35	1	1	1	35	1	1	1	6	0	0	0
36	1	1	1	36	1	1	1	6	0	0	0
Total	22	26	23		25	24	24	144	7	4	7

C3. Análisis de reproducibilidad entre operador 1 y 2

Reproducibilidad Operador 1 y 2					
Op 1 (día 1)	Op 2 (día 1)	Op 1 (día 1)	Op 2 (día 2)	Op 2 (día 1)	Op 1 (día 2)
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
6		4		3	
13					

C4. Análisis de reproducibilidad entre operador 1 y 3

Reproducibilidad Operador 1 y 3					
Op 1 (día 1)	Op 3 (día 1)	Op 1 (día 1)	Op 3 (día 2)	Op 3 (día 1)	Op 1 (día 2)
1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
9		8		8	
25					

C5. Análisis de reproducibilidad entre operador 2 y 3

Reproducibilidad Operador 2 y 3					
Op 2 (día 1)	Op 3 (día 1)	Op 2 (día 1)	Op 3 (día 2)	Op 3 (día 1)	Op 2 (día 2)
1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
7		6		5	
18					

Anexo D. Desarrollo ensayo R&R para atributos

D1. Análisis de desacuerdos

Análisis de desacuerdos			
Análisis de acuerdo (Columna suma)	Número de piezas en desacuerdo	Número de piezas	Desacuerdos totales
0 o 6	0	20	0
1 o 5	5	12	60
2 o 4	8	4	32
3	9	0	0
	Total	36	92

D2. Cálculo repetibilidad

Repetibilidad			
Operador	Desacuerdos	Oportunidades	Porcentaje
1	7	36	19%
2	4	36	11%
3	7	36	19%
Total	18	108	17%

D3. Cálculo reproducibilidad

Reproducibilidad					
Operador	Número de piezas		Total aceptadas	Total evaluadas	Porcentaje de aceptación
	Semana 1	Semana 2			
1	22	25	47	72	65%
2	26	24	50	72	69%
3	23	24	47	72	65%
		Total	144	216	67%

D4. Tabla resumen ensayo R&R

Fuente	Porcentaje de desacuerdos	
Repetibilidad	16,67%	
Reproducibilidad	25,93%	
Total R&R	13,70%	
Operador	Repetibilidad (%)	Piezas aceptadas (%)
1	19%	65%
2	11%	69%
3	19%	65%
Promedio	17%	67%

Anexo E. Muestras para estudio de análisis de capacidad


E1. Mediciones realizadas en el área de corte



Registro de mediciones de ancho y largo de limpiones

Área de corte										
Subgrupo	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	31,2	31	30	30,7	30,6	30,9	31,1	31,4	30,6	30,1
2	31,1	30,9	31,5	31,3	31,2	31,2	31,9	30,5	31,3	31,4
3	30	30,4	31,9	31	31,4	30,6	30,8	30,7	31,5	30,8
4	31	30,9	31,1	30,8	31	30,9	30,9	31	31,5	30,9
5	31,1	30,6	31,1	30,6	30,3	31	31,1	30,4	31,7	30,9
6	30,9	30,8	30,3	30,4	31,1	30,5	30,6	30,7	30,4	30
7	30,7	30,6	30,7	31,1	30,4	31,2	30,9	30,4	30,8	30,7
8	30,3	30,9	31,3	30,9	30,6	31,2	31,4	30,9	31,3	31,6
9	31	31	30	30,8	30,7	30,8	31,3	30,6	30,5	30,1
10	30,9	31,1	30,3	31,1	31,1	31,3	30,9	31,4	30,5	30,6
11	31,2	30,5	30,4	31,4	30,6	30,7	30,9	30,9	30,5	31,4
12	31,8	30,2	30,7	30,7	30,6	31,2	33,1	30,7	31,7	30,8
13	30,7	30,8	30,5	30,5	31,2	31,4	32,4	30,7	30,9	31
14	31,1	31,1	30,6	30,9	31,7	30,8	30,5	30,9	31,5	31,4
15	30,9	30,7	31,2	30,8	30,8	30,5	31,4	31,2	31,2	30,9
16	30,8	31,4	31,1	30,5	30,8	30,1	31,9	31	30,8	30,5
17	30,3	30,9	30,7	31,5	30,9	31,2	30,9	31,1	30,4	30,9
18	30,5	30,4	31,5	31	30,1	30,9	30,7	30,6	31,5	30,9
19	31,3	31	30,9	30,8	30,9	31,1	31,4	30,9	30,7	31,1
20	31	30,5	31,4	30,3	30,3	30,8	30,1	30,6	30,9	30,8

E2. Mediciones realizadas en el área maquila


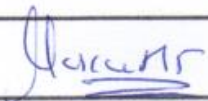
 Registro de mediciones de hilos sueltos o no rematados		
Área de maquila		
Subgrupo	Tamaño de lote (unidades)	Defectuosos
1	1500	10
2	1500	4
3	1500	0
4	1500	18
5	1500	3
6	1500	0
7	1500	23
8	1500	0
9	1500	7
10	1500	0
11	1500	0
12	1500	6
13	1500	25
14	1500	11
15	1500	0
16	1500	4
17	1500	14
18	1500	6
19	1500	1
20	1500	2

Anexo F. Brainstorming para causas raíz en corte y maquila.

F1. Lluvia de ideas para causas raíz de defectos de los procesos

Corte			
1	Diferencias en la experiencia y habilidades	11	Patrones incorrectos de corte
2	Manipulación incorrecta	12	Registros no detallados
3	Falta de supervisión	13	Propiedades físicas inconsistentes
4	Procedimientos poco definidos	14	Material mal seleccionado
5	Errores en la máquina	15	Materia prima con impurezas
6	Cuchillas con desgaste	16	No hay relación entre máquina y material
7	Equipos sin mantenimiento	17	Instrumentos sin calibración
8	No hay verificaciones	18	No hay procesos estandarizados
9	Problemas de visualización	19	Presencia de humedad
10	Vibraciones por las máquinas	20	Residuos de tela en el ambiente
Maquila			
1	Fatiga	11	Variabilidad física de los hilos
2	Falta de atención o concentración	12	Repuestos de máquina malos
3	No hay comunicación entre operadoras	13	Suministro irregular de las piezas
4	Equipos viejos	14	Poca iluminación
5	No hay relación entre máquina y material	15	Presencia de ruido
6	Fallas inesperadas	16	Espacio de trabajo limitado
7	Procedimiento complicado de remate	17	Área de trabajo desorganizado
8	Registros poco adecuados	18	Presencia de partículas
9	Poca inspección	19	Ambiente laboral pesado
10	Hilos de baja calidad	20	Equipos viejos

Anexo G. Herramienta “5 Por qué”

		<p>TEXCODI CÍA. LTDA.</p>
<p>5 por qué</p>		
<p>Producto:</p>	<p>Limpión</p>	
<p>Área:</p>	<p>Corte</p>	
<p>Objetivo:</p>	<p>Analizar los procesos y condiciones clave que inciden en la calidad del limpión para identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones específicas que permitan mantener estándares de calidad superiores de manera consistente en su producción.</p>	
<p>1. ¿Por qué los limpiónes tienen dimensiones inadecuadas?</p>	<p>Por el ancho de la Tela no tiene las dimensiones correctas</p>	
<p>2. ¿Por qué?</p>	<p>El proveedor de la tela la entrega angosta</p>	
<p>3. ¿Por qué?</p>	<p>Porque su control de calidad no es constante</p>	
<p>4. ¿Por qué?</p>	<p>Si se solicita mayor control el costo x kilo sube</p>	
<p>5. ¿Por qué?</p>	<p>El proceso se hace más lento y aumenta costo de mano de obra.</p>	
<p>Observaciones:</p>		
<p>Firma:</p>		

G1. “5 Por qué” aplicado a la operadora 1 de corte



TEXCODI CÍA. LTDA.

5 por qué

Producto:	Limpión
Área:	Corte
Objetivo:	Analizar los procesos y condiciones clave que inciden en la calidad del limpión para identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones específicas que permitan mantener estándares de calidad superiores de manera consistente en su producción.
1. ¿Por qué los limpiónes tienen dimensiones inadecuadas?	Por motivo de la tela q' viene de diferente medida
2. ¿Por qué?	A veces x motivo del dibujo
3. ¿Por qué?	Por la cuchilla no afilada
4. ¿Por qué?	Por mal corte
5. ¿Por qué?	Y por motivo de los modes inadecuados
Observaciones:	
Firma:	

G2. "5 Por qué" aplicado a la operadora 2 de corte



TEXCODI CÍA. LTDA.

5 por qué

Producto:	Limpión
Área:	Maquila
Objetivo:	Analizar los procesos y condiciones clave que inciden en la calidad del limpión para identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones específicas que permitan mantener estándares de calidad superiores de manera consistente en su producción.
1. ¿Por qué los limpiones se quedan con hilos sueltos o no rematados?	Por que los dientes de la máquina overlock habeses Jald muy fuerte el limpión y la costura se suela
2. ¿Por qué?	Por que la máquina es para otro tejido
3. ¿Por qué)	Por que las agujas no son las correctas
4. ¿Por qué?	Por que el corte es irregular el tamaño es muy variado
5. ¿Por qué?	
Observaciones:	
Firma:	

G3. "5 Por qué" aplicado a la operadora 1 de maquila




TEXCODI CÍA. LTDA.

5 por qué

Producto:	Limpión
Área:	Maquila
Objetivo:	Analizar los procesos y condiciones clave que inciden en la calidad del limpión para identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones específicas que permitan mantener estándares de calidad superiores de manera consistente en su producción.
1. ¿Por qué los limpiones se quedan con hilos sueltos o no rematados?	Por que se viene con follos de tela.
2. ¿Por qué?	no se puede coser las fallas.
3. ¿Por qué?	en la maquina no pasa esa tela.
4. ¿Por qué?	esta con huecos.
5. ¿Por qué?	estan descuadrados.
Observaciones:	
Firma:	

G4. "5 Por qué" aplicado a la operadora 2 de maquila

		<p>TEXCODI CÍA. LTDA.</p>
<p>5 por qué</p>		
<p>Producto:</p>	<p>Limpión</p>	
<p>Área:</p>	<p>Maquila</p>	
<p>Objetivo:</p>	<p>Analizar los procesos y condiciones clave que inciden en la calidad del limpión para identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones específicas que permitan mantener estándares de calidad superiores de manera consistente en su producción.</p>	
<p>1. ¿Por qué los limpiónes se quedan con hilos sueltos o no rematados?</p>	<p>Porque a veces esta la cochilla esta de afilar. O no coje bien el limpión de la de cosev.</p>	
<p>2. ¿Por qué?</p>	<p>el hilo se rompe y no se da cuenta.</p>	
<p>3. ¿Por qué?</p>	<p>el corte esta desigual y no se come el limpión.</p>	
<p>4. ¿Por qué?</p>	<p>o el limpión esta con falla de tela.</p>	
<p>5. ¿Por qué?</p>	<p>o la aguja esta la punta rota y se daña la puntada.</p>	
<p>Observaciones:</p>		
<p>Firma:</p> <p><i>Maribel Balseca</i></p>		

G5. "5 Por qué" aplicado a la operadora de maquila

Anexo H. Valores del índice Cp

H1. Índice Cp en términos de cantidad de piezas malas [27]

Valor del índice (corto plazo)	Proceso con doble especificación (índice C_p)		Con referencia a una sola especificación (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk})	
	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón fuera (PPM)	% fuera de una especificación	Partes por millón fuera (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

H2. Calidad de corto y largo plazo en términos de C_p , Z_c , Z_L y PPM [27]

Calidad de corto plazo (suponiendo un proceso centrado)				Calidad de largo plazo con un movimiento de 1.5σ		
Índice C_p	Calidad en sigmas Z_c	% de la curva dentro de especificaciones	Partes por millón fuera de especificaciones	Índice Z_L	% de la curva dentro de las especificaciones	PPM fuera de especificaciones
0.33	1	68.27	317300	-0.5	30.23	697700
0.67	2	95.45	45500	0.5	69.13	308700
1.00	3	99.73	2700	1.5	93.32	66807
1.33	4	99.9937	63	2.5	99.379	6210
1.67	5	99.999943	0.57	3.5	99.9767	233
2.00	6	99.9999998	0.002	4.5	99.99966	3.4

Anexo I. Plan de mantenimiento para el equipo de corte

Plan de mantenimiento preventivo para máquinas de corte

El plan de mantenimiento preventivo para la máquina de corte consta de dos fases clave. En la primera, se explicará detalladamente el plan al personal implicado, estableciendo roles y brindando capacitación. En cuanto a la segunda fase, se ejecutará cada paso del plan, iniciando en una fecha determinada y manteniendo un seguimiento meticuloso para ajustes y mejora continua.

1.1. Fase inicial del plan de mantenimiento preventivo

Esta fase consta de dos etapas clave. En la primera, se definirá la metodología para la implementación del plan de mantenimiento, en cambio, en la segunda etapa se establecerá el equipo de trabajo y se asignarán sus funciones respectivas.

El propósito es garantizar una ejecución fluida del plan y evitar complicaciones durante su implementación.

1.1.1. Campaña de socialización del plan de mantenimiento

La etapa tiene como objetivo familiarizar a todo el personal involucrado con la metodología para implementar el plan de mantenimiento. Para lograrlo, se recomienda realizar las siguientes actividades:

- Capacitación del personal operativo del subproceso de corte
 - Brindar capacitación detallada sobre planes de mantenimiento, sus tipo, ventajas y contexto histórico.
 - Presentar casos exitosos de grandes empresas que han implementado planes de mantenimiento preventivo, para motivar e inspirar al personal.
- Difusión de información a todo el personal del área de producción

- Brindar información esencial sobre el plan de mantenimiento a través de canales apropiados para asegurar que todo el personal involucrado en el sistema operativo comprenda los beneficios relativos a los programas de mantenimiento de máquinas y equipos de trabajo.

1.1.2. Definición del grupo de trabajo y sus funciones

En esta etapa, se define el equipo encargado de ejecutar las tareas del plan de mantenimiento específico para la máquina de corte. Bajo el liderazgo del jefe de producción, responsable directo de la gestión diaria del área de producción, se conforma este grupo. A continuación se detallan las funciones de cada miembro para asegurar una exitosa implementación del plan de mantenimiento.

- Jefe de producción
 - Establece las directrices para el plan de mantenimiento de la máquina de corte.
 - Supervisa el cumplimiento del cronograma de mantenimiento.
 - Garantiza los recursos necesarios para aplicar el plan.
 - Fomenta la participación y reconocimiento de los logros del equipo.
- Técnico de mantenimiento
 - Capacita al equipo de mantenimiento.
 - Establece indicadores específicos.
 - Apoya las actividades de mantenimiento autónomo.
 - Supervisa y garantiza la restauración de la máquina.
- Operarios
 - Participan en las capacitaciones.
 - Completan los formularios de mantenimiento.

- Usan recursos asignados eficientemente.
- Realizan las tareas de mantenimiento según el plan.
- Informan sobre las fallas detectadas.

1.2. Fase de implementación del plan de mantenimiento

La ejecución del plan propuesto se fundamenta en prácticas de mantenimiento autónomo, tareas generales de limpieza y rigurosas verificaciones del funcionamiento adecuado de la máquina de corte. Estos elementos constituyen un enfoque preventivo integral que busca mantener el equipo en óptimas condiciones, evitando o reduciendo posibles fallas que puedan comprometer la seguridad de los operarios e interrumpir el flujo regular de producción o causar daños a las instalaciones físicas de la empresa.

Objetivo

El propósito es mantener la máquina de corte operativa y confiable, reduciendo el tiempo perdido en mantenimiento, prolongando su vida útil y asegurando su óptimo rendimiento para cumplir con los estándares de calidad en la empresa.

1.2.1. Actividades del programa de mantenimiento

- **Mantenimiento autónomo:** esta práctica implica que los operarios realicen actividades diarias en la máquina de corte, tales como intervenciones menores, limpieza, cambio de herramientas y piezas, así como la identificación y resolución de problemas menores. Esto garantiza que el equipo se mantenga en óptimas condiciones operativas. Los operarios reciben entrenamiento específico para dominar el funcionamiento de la máquina que operan.
- **Inspecciones periódicas programadas:** se llevan a cabo revisiones periódicas de las piezas y componentes de la máquina de corte en intervalos regulares. Estas inspecciones planificadas proporcionan información valiosa sobre el estado de las diferentes partes de la máquina, permitiendo tomar medidas preventivas o correctivas según sea necesario.

- Ajustes: estas operaciones se realizan para restaurar las características originales de corte por la máquina, asegurando que cumpla con los estándares de calidad establecidos. Los ajustes se ejecutan con el propósito de mantener la funcionalidad óptima del equipo.

1.2.2. Proceso de mantenimiento

Se presenta a continuación el sistema a seguir para aplicar el programa de mantenimiento de la máquina de corte.

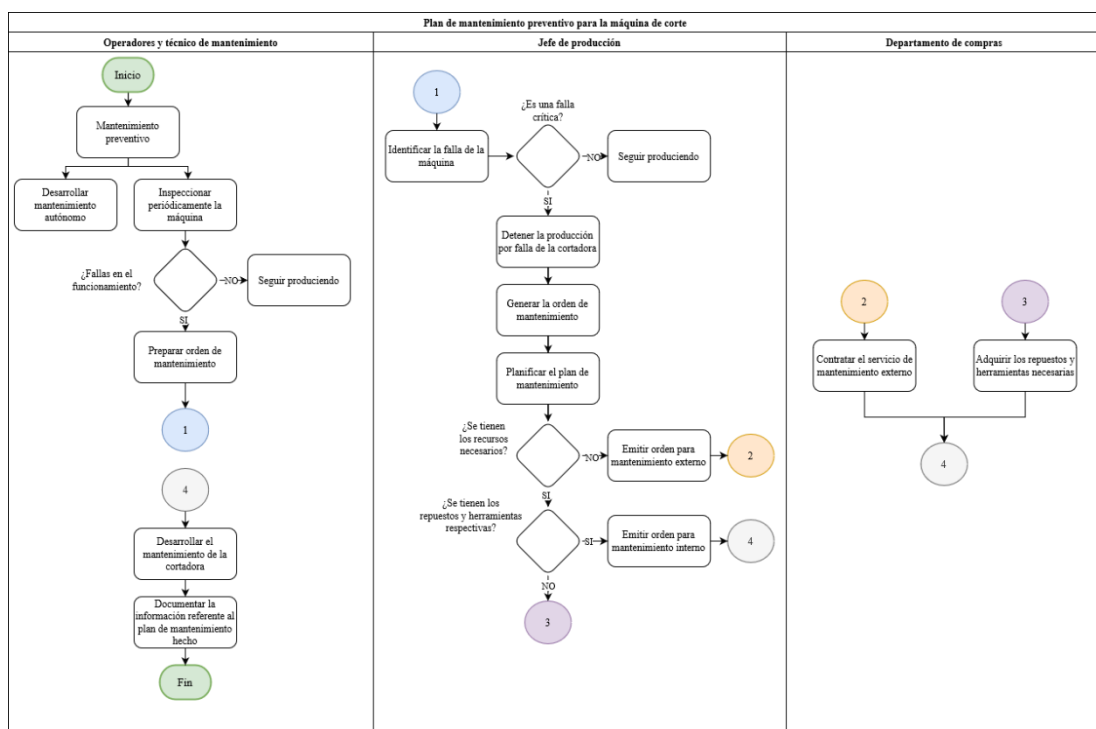




Figura 22. Flujograma del plan de mantenimiento para corte

1.2.3. Ficha técnica de la máquina de corte


La Tabla 42 presenta la información relacionada con las características técnicas y físicas de la máquina de corte utilizado en esta etapa.

Tabla 42. Datos de la máquina de corte

		Ficha técnica de maquinaria			
Código de máquina:	MCP-PC-001	Código de sección de máquina:	290982		
Datos del equipo					
Máquina: Corte	Marca: KM	Modelo: KS-EU-5		Serie: 1006600	
Fabricante	Kuris				
Peso total	9 kg	Dimensiones			
		Largo: 12.7 cm	Ancho:	Alto: 15.24 cm	
Trabajo					
Crítico	Si	Turno	Si	Intermitente	Si
Sistemas					
Eléctrico	X	Voltaje: 110/220	Corriente: 2.6/2.2	Frecuencia: 50/60 Hz	
Neumático		Fotografía: 			
Hidráulico					
Características técnicas					
Potencia 200 W	Motor Monofásico		Material Algodón, tela y material sintética.		
Velocidad 3000 / 3600	Longitud útil 90 mm		Tamaño cuchilla 127 mm		

1.2.4. Aplicación del plan de mantenimiento preventivo

Tabla 43. Actividades para plan de mantenimiento autónomo

Mantenimiento autónomo					
Código de máquina:	MCP-PC-001				
Máquina:	Cortadora				
Modelo:	KM KS-EU-5				
Actividades para mantenimiento autónomo					
Actividades	Frecuencia	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
	Sistema mecánico				
Inspección de tornillos y tuercas para detectar aflojamientos.		X			
Inspección de cuchillas, cuchillos u otros elementos de corte en busca de desgaste o deterioro.		X			
Verificación del correcto funcionamiento del Sistema de alimentación de material, evitando obstrucciones.		X			
Asegurar la correcta alineación de componentes móviles para evitar vibraciones o desgaste irregular.		X	X		
Verificación de la alineación de ejes y componentes para evitar desgaste irregular.			X		
Verificación de la condición y lubricación de los rodamientos para prevenir fallas por desgaste.				X	
Reemplazo regular de cuchillas desgastadas para mantener precisión de corte.				X	
Verificación y ajuste del balanceo en elementos rotativos para prevenir vibraciones excesivas.					X
Sistema eléctrico					
Limpieza de contactores y relés para evitar fallos por acumulación de suciedad.			X		
Monitoreo del consumo energético.			X		
Verificación de funcionamiento de dispositivos de protección contra sobrecargas o cortocircuitos.				X	
Verificación del voltaje de alimentación y comprobación de irregularidades.				X	
Ajuste y calibración de sensores para un funcionamiento preciso.				X	
Verificación de cables internos y conexiones para prevenir cortocircuitos o mal funcionamiento.				X	X
Medición de la corriente para detectar anomalías en el suministro eléctrico.					X
Sistema de seguridad					
Prueba y confirmación de la funcionalidad del pulsador de parada de emergencia.		X			
Revisión de los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas.			X		
Evaluación detallada de los sensores de seguridad.					X

2. Plan de mantenimiento preventivo para máquinas de costura overlock

El plan propuesto para los equipos de costura se centra en el mantenimiento autónomo, la limpieza regular y las verificaciones precisas del equipo. Este enfoque preventivo tiene como objetivo principal garantizar el funcionamiento óptimo de la maquinaria, evitando cualquier fallo que pudiese afectar la seguridad de los operarios, interrumpir la producción o causar daños estructurales. Con esto se busca mantener el equipo de costura en condiciones ideales para asegurar su operatividad continua y eficiente día a día.

2.1. Fase inicial del plan de mantenimiento preventivo

Esta fase se divide en dos etapas clave. En la primera, se establece la metodología para ejecutar el plan de mantenimiento; mientras que en la segunda, se designan y definen las funciones del equipo de trabajo. El objetivo principal es asegurar un conocimiento integral sin complicaciones hacia el plan de mantenimiento para las máquinas de coser, garantizando un proceso fluido y eficiente.

2.1.1. Campaña de socialización del plan de mantenimiento

Esta etapa busca familiarizar a todo el personal involucrado con la metodología para implementar el plan de mantenimiento. Para lo cual, se llevó a cabo las siguientes actividades:

- Capacitación del personal involucrado en el área de maquila
 - Brindar capacitación detallada sobre los planes de mantenimiento, explicando tipos, ventajas y contexto histórico.
 - Presentar ejemplos exitosos de implementación de planes de mantenimiento en grandes empresas para motivar al personal.
- Difusión de información al equipo de producción

- Compartir información esencial sobre el plan de mantenimiento a través de canales adecuados para garantizar la comprensión de los beneficios de los programas de mantenimiento en máquinas y equipos de trabajo.

2.1.2. Definición del grupo de trabajo y sus funciones

En esta etapa, se definió el equipo responsable de llevar a cabo el plan de mantenimiento autónomo para el equipo de costura. Para este caso, bajo la dirección del jefe de producción, puesto que supervisa la gestión diaria del área de estudio, se conforma el equipo de la siguiente manera.

- Jefe de producción
 - Establece los objetivos y estrategias del plan de mantenimiento.
 - Supervisa el desarrollo y la efectividad del plan.
 - Motiva y reconoce el compromiso del equipo con el plan.
- Técnico de mantenimiento
 - Entrena al personal en procedimientos específicos de mantenimiento.
 - Realiza evaluaciones técnicas y define indicadores de rendimiento.
 - Coordina la ejecución de tareas de mantenimiento y sus cronogramas.
 - Propone actualizaciones y mejoras al plan según las necesidades.
- Operadoras
 - Participan en las capacitaciones para ejecutar las actividades de mantenimiento.
 - Realizan las tareas de mantenimiento siguiendo los protocolos establecidos.

- Informan y documentan los problemas y sugerencias respecto a la mejora del plan.

2.2. Fase de implementación del plan de mantenimiento

El plan se ejecuta mediante prácticas de mantenimiento autónomo, tareas específicas de limpieza e inspecciones del funcionamiento del equipo de costura. Este enfoque preventivo busca mantener en condiciones óptimas, evitando posibles fallos que comprometan la seguridad de los operarios e interrumpen el proceso de manufactura.

Objetivo

Mantener el proceso y el equipo para maquila, operativa y confiable, minimizando el tiempo de inactividad por mantenimiento, prolongando la vida útil y garantizando su rendimiento para cumplir con los estándares de calidad buscados.

2.2.1. Actividades del programa de mantenimiento

- Mantenimiento autónomo: las operarias desempeñan actividades diarias en la máquina de costura, abarcando intervenciones menores, limpieza, cambio de herramientas y piezas, así como la identificación y solución de problemas menores. Esta práctica asegura que el equipo se mantenga en condiciones óptimas para su funcionamiento.
- Inspecciones periódicas programadas: se realizan revisiones regulares de las piezas y componentes de la máquina de corte en intervalos planificados. Estas inspecciones proporcionan información vital sobre el estado de las diferentes partes de la máquina, permitiendo tomar medidas preventivas o correctivas según sea necesario.
- Ajustes: se llevan a cabo operaciones para restablecer las características originales de terminado de costura del limpión, garantizando que cumplan con los estándares de calidad establecidos. Estos ajustes se realizan con el propósito de mantener la funcionalidad óptima del equipo.

2.2.2. Proceso de mantenimiento

En el diagrama de flujo de la figura tal, se presentan las actividades secuenciales que se deben llevar a cabo para cumplir con el plan de mantenimiento preventivo.

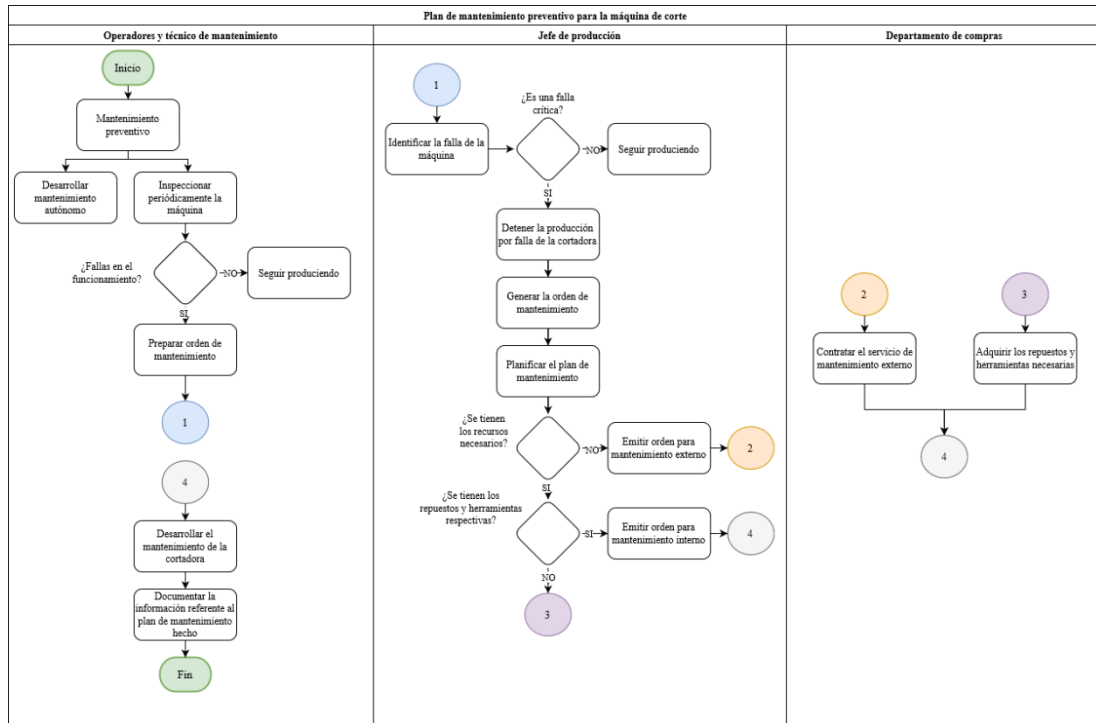




Figura 23. Flujograma del plan de mantenimiento para máquina

2.2.3. Ficha técnica de la máquina de costura

Tabla 44. Datos de la máquina de costura

		Ficha técnica de maquinaria			
Código de máquina:	4138834	Código de sección de máquina:	4004S151A		
Datos del equipo					
Máquina: Overlock	Marca: Siruba	Modelo: 747H		Serie: 514M2-24	
Fabricante	Siruba				
Dimensiones					
Peso total		Largo: 615 mm	Ancho: 400 mm	Alto: 600 mm	
Trabajo					
Crítico	Si	Turno	Si	Intermitente	Si
Sistemas					
Electroneumático	X	Fotografía:			
Hidráulico					

		
Características técnicas		
Sistema de agujas B27/DCx27	Motor Direct drive o tradicional	Espesor de costura máximo 1 cm
Velocidad 6500 puntadas por minuto	Max. Longitud de punto 4 mm	Max. Altura del ascensor de pie de prensa 5.5 mm


3. Aplicación del plan de mantenimiento preventivo

Tabla 45. Actividades del plan de mantenimiento

Mantenimiento autónomo					
Código de máquina:	4138834				
Máquina:	Overlock				
Modelo:	747H				
Actividades para mantenimiento autónomo					
Actividades	Frecuencia	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico					
Inspección y limpieza de residuos textiles.		X			
Verificación y ajuste de la tensión del hilo.		X			
Lubricación de puntos de fricción.		X	X		
Reemplazo preventivo de agujas y cuchillas.			X		
Ajuste y verificación de la sincronización.				X	
Inspección de la cuchilla.		X			
Sistema eléctrico					
Verificación de conexiones eléctricas.			X		
Pruebas de dispositivo de protección.				X	
Monitoreo de consumo energético.					X
Revisión de cables internos y conexiones.			X	X	
Sistema de seguridad					

Prueba de parada de emergencia.		X		
Revisión de sensores de seguridad.			X	
Inspección de circuitos de seguridad			X	

*Manual de
procedimientos
para el área de
abastecimiento*

	TEXCODI CÍA. LTDA.		
	Manual de procedimientos		
	Macroproceso:	Abastecimiento	Proceso:
Procedimiento:	PCC-TCL-001	Procedimiento de trabajo para la recepción y almacenamiento de materia prima	

OBJETIVO

Establecer procedimientos estándar para la recepción, almacenamiento e inspección de la materia prima en TEXCODI CÍA. LTDA., que garantice la calidad, integridad y trazabilidad de los materiales desde su recepción hasta su almacenamiento, asegurando el cumplimiento de los estándares establecidos.

ALCANCE

Este manual abarca todos los procesos relacionados con la recepción, almacenamiento e inspección de la materia prima en la empresa. Se aplica a todos los empleados involucrados en estas actividades y establece pautas para el manejo de materia prima desde su llegada hasta su almacenamiento.

REFERENCIA NORMATIVA O POLÍTICAS


- Norma ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de calidad – Requisitos.
- Decreto ejecutivo 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

Término	Definición
Materia prima	Materias primas utilizadas en la producción, definidas por peso, dimensiones o composición química.
Inspección de calidad	Proceso de verificación para asegurar que los materiales cumplen con los estándares establecidos.
Cuchilla	Hoja afilada y generalmente metálica, diseñada para cortar materiales. Estas vienen en una variedad de formas, tamaños y materiales.
Cortadora	Máquina que se utiliza para una amplia gama de aplicaciones de corte en la industria.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO

Aprobado por:	Fecha de aprobación:
Ing. Luis Morales	

	TEXCODI CÍA. LTDA.		
	Manual de procedimientos		
	Macroproceso:	Abastecimiento	Proceso:
Procedimiento:	PCC-TCL-001	Procedimiento de trabajo para la recepción y almacenamiento de materia prima	

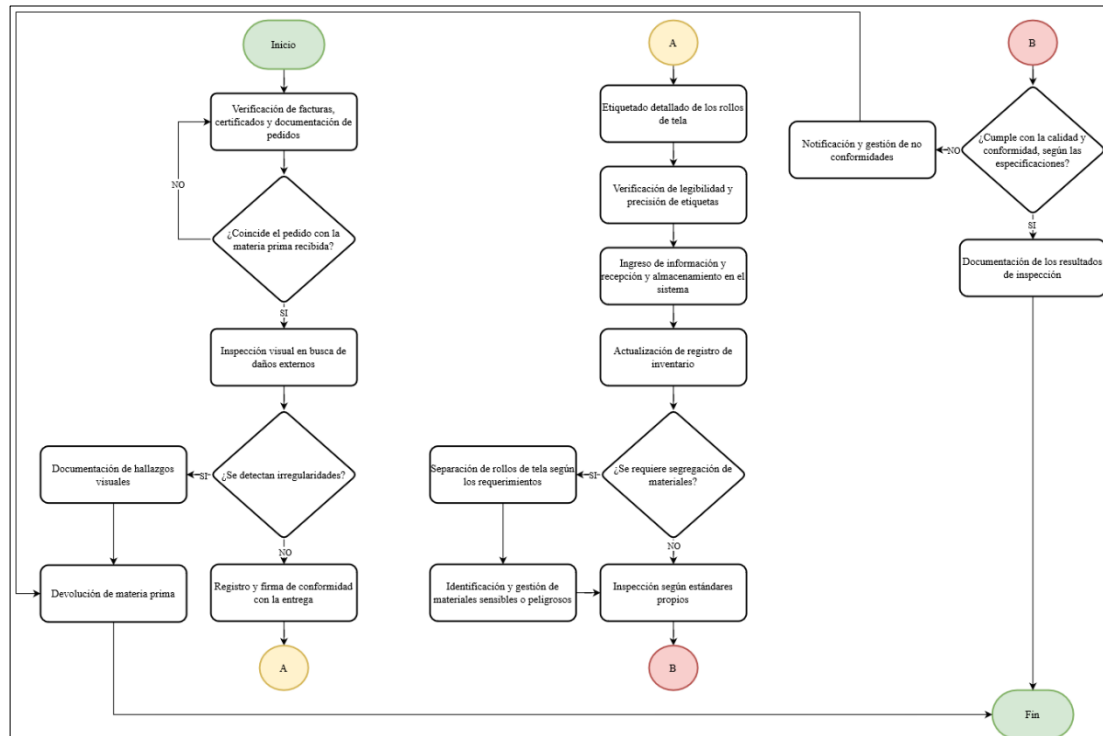



Figura 24. Flujograma para el macroproceso de abastecimiento

RIESGOS Y SEGURIDAD

Código	Nombre del riesgo	Medida de seguridad a tomar
RPA-001	Lesiones por manejo inadecuado de herramientas	Capacitar al personal en el uso seguro de herramientas y equipos.
RPA-002	Incumplimiento de medidas de seguridad contra incendios	Inspeccionar regularmente los extintores, salidas de emergencia y sistemas de detección de incendios.
RPA-003	Caídas o tropiezos en áreas de almacenamiento	Mantener las áreas libres de obstáculos.
RPA-004	Accidentes durante el transporte de materia prima	Capacitar al personal en técnicas seguras de manejo de carga y descarga.


Aprobado por: Ing. Luis Morales	Fecha de aprobación:
---	-----------------------------

	TEXCODI CÍA. LTDA.			
	Manual de procedimientos			
	Macroproceso:	Abastecimiento	Proceso:	Recepción y almacenamiento de materia prima
Procedimiento:	PCC-TCL-001	Procedimiento de trabajo para la recepción y almacenamiento de materia prima		

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO

Responsable de entrega	Insumo	Actividades	Alternativas de decisión	Responsable de recepción
		1. Verificación de facturas, certificados y documentación de pedidos.	Si existe concordancia, ir al paso 2. No existe concordancia, volver paso 1.	Jefe de producción Bodeguero
Proveedor	Rollos de tela	2. Inspección visual para daños externos.	Si , documentar hallazgos visuales. Devolución de materia prima. No , ir al paso 3.	
		3. Registro y firma de conformidad con la entrega.		Jefe de producción
		4. Etiquetado de los rollos de tela.		Bodeguero
		5. Verificar la legibilidad y precisión de etiquetas.		
		6. Ingreso de información al sistema		
		7. Actualización del sistema de inventario.		
		8. Segregación de materiales.	Si , separar los rollos de tela según se requiera. Gestión de materiales peligrosos No , ir al paso 9.	Bodeguero
		9. Inspección según estándares propios.		Jefe de producción Bodeguero
		10. Cumple con los estándares de calidad.	Si , documentar los resultados de inspección. No , notificar y gestionar las no conformidades. Devolución de materia prima.	


Aprobado por:	Fecha de aprobación:
Ing. Luis Morales	

TEXCODI CÍA. LTDA.			
Manual de procedimientos			
	Macroproceso:	Abastecimiento	Proceso: Recepción y almacenamiento de materia prima
	Procedimiento:	PCC-TCL-001	Procedimiento de trabajo para la recepción y almacenamiento de materia prima

INDICADORES

Código	Nombre del indicador	Descripción	Fórmula	Unidad de medida	Frecuencia	Meta	Herramienta de control	Responsable
IPA-01	% de materia prima conforme	Porcentaje de materia prima recibida que cumple con los estándares establecidos.	$\frac{\text{Materia prima conforme}}{\text{Total materia prima recibida}} * 100$	Porcentaje (%)	Mensual	Alcanzar y mantener un nivel del 98% de materia prima conforme.	Informe de recepción	Bodeguero
IPA-02	Número de no conformidades en inspección	Frecuencia con la que la materia prima no cumple con los criterios de inspección durante la producción.	$\frac{\text{No conformidades}}{\text{Total de unidades de materia prima inspeccionada}} * 100$	Porcentaje (%)	Semanal	Reducir el número de no conformidades en un 70%, en relación con los registros históricos.	Informe de inspección	Jefe de producción
IPA-03	Tiempo de respuesta ante no conformidades	Promedio de tiempo para resolver no conformidades en la materia prima.	$\frac{\text{TT para resolver no conformidades}}{\text{Número total de no conformidades}} * 100$	Porcentaje (%)	Mensual	Aumentar el 15% en la eficiencia del tiempo de respuesta.	Registro de no conformidades	Jefe de producción
IPA-04	% de cumplimiento de capacitaciones	Porcentaje de empleados capacitados en procedimientos de manejo de materia prima.	$\frac{\text{Empleados capacitados}}{\text{Total empleados}} * 100$	Porcentaje (%)	Mensual	Alcanzar un 95% de cumplimiento en las capacitaciones.	Reportes y análisis regulares	Jefe de producción

Aprobado por:	Fecha de aprobación:
Ing. Luis Morales	

	TEXCODI CÍA. LTDA.		
	Manual de procedimientos		
	Macroproceso:	Abastecimiento	Proceso:
Procedimiento:	PCC-TCL-001	Procedimiento de trabajo para la recepción y almacenamiento de materia prima	

ANEXOS

FIRMAS DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Responsables	Nombres y apellidos	Cargo	Firma
Elaborado por:	Alex Paredes	Investigador	
Revisado por:	Ing. Luis Morales	Tutor de proyecto de investigación	
Validado por:	Javier Real	Jefe de producción - TEXCODI	

Aprobado por:	Fecha de aprobación:
Ing. Luis Morales	