

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DE CALZADO POOL SPORT MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

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: Bryan Santiago Montenegro Rodríguez

TUTOR: Ing. Mauricio Xavier López Flores, Mg.

Ambato - Ecuador

agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DE CALZADO POOL SPORT MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Bryan Santiago Montenegro Rodríguez, 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, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
MAURICIO XAVIER LOPEZ FLORES

Ing. Mauricio Xavier López Flores, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DE CALZADO POOL SPORT MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA 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, agosto 2024.



Bryan Santiago Montenegro Rodríguez

C.C. 1804344529

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, agosto 2024.



Bryan Santiago Montenegro Rodríguez

C.C. 1804344529

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Bryan Santiago Montenegro Rodríguez, 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 LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DE CALZADO POOL SPORT MEDIANTE LA METODOLOGIA SIX SIGMA, 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, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
ELSA PILAR URRUTIA URRUTIA

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

Firmado electrónicamente por:
LUIS ALBERTO MORALES PERRAZO

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

Firmado electrónicamente por:
EDITH ELENA TUBON NUNEZ

Ing. Edith Elena Tubón Núñez, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación está dedicado con todo mi cariño y respeto a ti Dios que me diste la sabiduría, la fortaleza y la inteligencia y sobre todo el privilegio de vivir y tener la oportunidad de culminar esta meta.

Con mucho cariño a mis queridos padres Hugo y María quienes han sido mi guía constante, mi luz en el camino y mi principal fuente de inspiración. Este trabajo no solo es el resultado de mi dedicación, sino también el reflejo de su ternura, sabiduría, apoyo y sacrificio que han depositado en mi a lo largo de estos años.

A mi querida hermana Evelyn, por estar conmigo y apoyarme siempre a alcanzar este objetivo.

A mis amigos y colegas, por su inspiración, su amistad y compañía a lo largo de este viaje.

Bryan Santiago Montenegro Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Hoy, mientras termino de escribir la última página de mi proyecto de investigación, no puedo evitar que mis ojos se nublen con lágrimas de emoción y gratitud. Este no es solo un documento académico; es un testimonio de sacrificio, esfuerzo, amor y apoyo incondicional y por ello, a través de este texto, expreso mi profundo agradecimiento en primer lugar a Dios cuya guía, misericordia y fortaleza han sido fundamentales en cada etapa de este proceso.

A mi familia por su amor incondicional que me han brindado toda mi vida y especialmente en este arduo camino hacia la culminación de mis estudios. Su fe en mí y su aliento constante han sido mi mayor motivación en los momentos de desafío.

Al Ing. Mauricio López por su orientación experta, su paciencia, sus conocimientos, consejos y dedicación incansable para dar forma a este trabajo y llevarlo a su máxima expresión.

A la empresa POOL SPORT por abrirme las puertas hacia sus instalaciones y proporcionar la información adecuada para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto, contribuyendo de manera significativa para enriquecer los resultados obtenidos en este proceso.

Bryan Santiago Montenegro Rodríguez

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 ..... **xi**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xiv**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xviii**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xix**

ABSTRACT ..... **xx**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 4

1.3 Fundamentación teórica 7

1.3.1 Calidad. 7

1.3.2 Control estadístico de la calidad 8

1.3.3 Six Sigma 11

1.3.4 Metodología DMAIC 13

1.4 Objetivos 31

1.4.1 Objetivo general 31

1.4.2 Objetivos específicos 31

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 32

2.1 Materiales 32

2.2 Métodos 33

2.2.1 Modalidad de la investigación 33

2.2.2 Población y muestra 35

2.2.3 Recolección de información 35

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 39

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 40

3.1 Antecedentes generales 40

3.1.1 La empresa 40

3.1.2 Estructura organizacional 43

3.1.3 Mapa de procesos 44

3.1.4 Layout de la empresa 46

3.1.5 Productos ofertados por la empresa POOL SPORT 48

3.1.6 Identificación del producto objeto de estudio 51

3.1.7 Información general del producto de mayor rentabilidad 58

3.1.8 Descripción del proceso productivo 58

3.1.9 Diagramas de operaciones 72

3.1.10 Identificación de los problemas presentes en el proceso productivo 78

3.1.11 Identificación de los defectos más recurrentes en el proceso productivo 83

3.2 Desarrollo de la metodología Six Sigma 85

3.2.1. Fase DEFINIR 85

3.2.2. Fase MEDIR 102

3.2.3. Fase ANALIZAR 120

3.2.4. Fase MEJORAR 128

3.2.5. Fase CONTROLAR 141

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 145

4.1 Conclusiones 145

4.2 Recomendaciones 146

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 148

ANEXOS 155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre el nivel sigma y ppm 12

Tabla 2. Relación entre el nivel de calidad y el índice Yield 23

Tabla 3. Nivel de riesgo 28

Tabla 4. Materiales utilizados en el la investigación 32

Tabla 5. Fases y herraamientas de Six Sigma 38

Tabla 6. Ubicación de la empresa POOL SPORT 41

Tabla 7. Datos generales de la empresa POOL SPORT 42

Tabla 8. Productos ofertados por la empresa POOL SPORT 48

Tabla 9. Total ventas realizadas en el periodo de julio - diciembre de 2023 51

Tabla 10. Costos totales por par vendidos 53

Tabla 11. Porcentaje de participación acumulado y su clasificación 54

Tabla 12. Resumen del análisis ABC 55

Tabla 13. Clasificación de pares mas vendidos por modelo y serie 57

Tabla 14. Información general (producto objeto de estudio) 58

Tabla 15. Número de operadores por área de trabajo 72

Tabla 16. Cursograma analítico - cortado 73

Tabla 17. Resumen de los cursogramas analíticos 74

Tabla 18. Diagrama sinóptico – Recepción materia prima 75

Tabla 19. Resumen de los diagramas sinópticos 77

Tabla 20. Entrevista realizada al jefe de producción y operarios 79

Tabla 21. Lista de defectos presentes en los procesos productivos 80

Tabla 22. Resumen de defectos encontrados en el proceso productivo 83

Tabla 23. Frecuencia de aparición de defectos 84

Tabla 24. Clasificación de defectos por procesos 86

Tabla 25. Identificación de los procesos críticos 86

Tabla 26. Lluvia de ideas de causas que generan defectos 88

Tabla 27. Lluvia de ideas - proceso de aparado 91

Tabla 28. Lluvia de ideas - proceso de plantado 92

Tabla 29. Clientes internos y externos 95

Tabla 30. Requisitos de los clientes 95

Tabla 31. Requerimientos de clientes internos y externos 96

Tabla 32. Diagrama SIPOC de la empresa POOL SPORT 99

Tabla 33. Carta del proyecto 100

Tabla 34. Frecuencia de defectos (SEMANA 1) 105

Tabla 35. Frecuencia de defectos (SEMANA 2) 105

Tabla 36. Frecuencia de defectos (SEMANA 3) 106

Tabla 37. Frecuencia de defectos (SEMANA 4) 106

Tabla 38. Total de defctos mensuales 107

Tabla 39. Defectos en el proceso de aparado 108

Tabla 40. Datos para la carta np (proceso de aparado) 110

Tabla 41. Defectos en el proceso de plantado 113

Tabla 42. Datos para la carta np (proceso de planatado) 114

Tabla 43. Resúmen del nivel de calidad sigma 119

Tabla 44. Matriz AMEF 123

Tabla 45. Factores sujetos a medición 126

Tabla 46. Esquema de recopilación de datos 127

Tabla 47. Recopilación de datos 128

Tabla 48. Alternativas de mejora 130

Tabla 49. Viabilidad de las alternativas de mejora 133

Tabla 50. Presupuesto para el desarrollo del proyecto 135

Tabla 51. Programa de formación del personal de POOL SPORT 136

Tabla 52. Procedimiento operativo para controlar la materia prima 138

Tabla 53. Lista maestra de documentos 140

Tabla 54. Programa de control 142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de diagrama de flujo 9

Figura 2. Ejemplo diagrama de Pareto 11

Figura 3. 6 M presentes en los procesos productivos 13

Figura 4. Etapas para la realización de un proyecto Six Sigma 14

Figura 5. Estructura del diagrama SIPOC 15

Figura 6. Ejmeplo de diagrama de Ishikawa por el método de 6M 16

Figura 7. Pasos para la definición del proyecto 17

Figura 8. Hoja de verificación para productos defectuosos 18

Figura 9. Elementos de una carta de control 19

Figura 10. Valor del índice Cp y categoría del proceso 21

Figura 11. Relación entre Zc y ppm 22

Figura 12. Pasos de la fase medir 27

Figura 13. Herramientas para el desarrollo de AMEF 28

Figura 14. Pasos a seguir para el análisis como parte de las fases de DMAIC 29

Figura 15. Pasos a seguir para el mejoramiento de los procesos 29

Figura 16. Pasos de la fase controlar 30

Figura 17. Metodología para la implementación de Six Sigma 34

Figura 18. Logotipo de la empresa 40

Figura 19. Estructura organizacional de la empresa POOL SPORT 44

Figura 20. Mapa de procesos de POOL SPORT 45

Figura 21. Layout de la empresa POOL SPORT 47

Figura 22. Gráfico ABC (productos de mayor demanda) 56

Figura 23. Diagrama de barras del modelo y serie de mayor demanda 57

Figura 24. Bodega de materia prima en la empresa POOL SPORT 59

Figura 25. Corte de cuero 59

Figura 26. Troquelado de plantillas 60

Figura 27. Troqueladora para cartón 60

Figura 28. Bordado y estampado de logos y marcas 61

Figura 29. Estampado de etiquetas 61

Figura 30. Grabado de logos y marcas 61

Figura 31. Preparado de cortes 62

Figura 32. Cortes ordenados y pariados 62

Figura 33. Unión y aparado de piezas 63

Figura 34. Ojalillado de cortes 63

Figura 35. Bodega para cortes aparados 64

Figura 36. Cortes con super flex en las capelladas 64

Figura 37. Cortes en la máquina estrobel 65

Figura 38. Rayado de la forma de la planta en la zapatillas 65

Figura 39. Preparación de suela o planta 65

Figura 40. Adición de pegamento en la planta de la zapatilla 66

Figura 41. Plantado del calzado 66

Figura 42. Enfriamiento de las zapatillas en las hormas 66

Figura 43. Prensado de zapatillas 67

Figura 44. Sacado de hormas 67

Figura 45. Colocación de plantillas 68

Figura 46. Colocación de pasadores 68

Figura 47. Colocación de cartón en el interior de las zapatillas 69

Figura 48. Clasificado de cortes por docenas y pares 69

Figura 49. Colocación de series 69

Figura 50. Corte de hilos 70

Figura 51. Limpieza de plantas 70

Figura 52. Embalaje y empadado de zapatillas 71

Figura 53. Bodega para zapatillas terminadas 71

Figura 54. Diagrama de flujo (recepción de materia prima) 78

Figura 55. Defectos de mayor frecuencia 84

Figura 56. Procesos críticos 87

Figura 57. Diagrama de Ishikawa (corte) 89

Figura 58. Diagrama de Ishikawa (proceso de aparado) 91

Figura 59. Diagrama de Ishikawa (proceso de plantado) 93

Figura 60. CTQ’s del proyecto 97

Figura 61. Diagrama de Pareto (proceso de aparado) 108

Figura 62. Carta de control np (aparado) 111

Figura 63. Diagrama de Pareto (proceso de plantado)..... 113

Figura 64. Carta de control np para el proceso de plantado..... 115

Figura 65. Diagrama causa-efecto de piezas descosidas..... 121

Figura 66. Diagrama causa-efecto del proceso de plantado..... 122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Diagramas de flujo de los procesos operativos 155

Anexo B. Entrevista no estructurada..... 158

Anexo C. Hoja de verificación para registro de defectos..... 160

Anexo D. Entrevista no estructurada realizada a clientes..... 161

Anexo E. Entrevista realizada a clientes internos 163

Anexo F. Entrevista no estructurada para clientes externos 167

Anexo G. Clasificación de los requerimientos (Tabla de Kano) 169

Anexo H. Población y muestra 172

Anexo I. Puntuación para severidad y evaluación para la matriz AMEF 173

Anexo J. Hoja para registro..... 174

Anexo K. Formato de registro de asistencia a capacitaciones 175

Anexo L. Registro para control de materia prima..... 176

Anexo M. Registro para reuniones con proveedores 177

Anexo N. Registro inspección de herramientas 178

Anexo O. Registro de habilidades del personal 179

Anexo P. Cursogramas analíticos de los procesos productivos 180

Anexo Q. Diagramas sinópticos de los procesos productivos 185

Anexo R. Tarifario de capacitación (SECAP) 199

Anexo S. Datos recopilados para el estudio R&R para atributos 200

Anexo T. Resumen estudio R&R para atributos..... 201

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto investigativo se centra en analizar la variabilidad presente en los procesos productivos en la empresa POOL SPORT, con el objetivo de proponer un programa de acción que permita reducir los defectuosos utilizando herramientas y metodologías propias de Six Sigma, expuestos en una lista diseñada para identificar los principales alternativas de mejora, dirigidos a abordar los problemas críticos, permitiendo reducir los defectos en el área operativa, reduciendo la variabilidad, mejorando la calidad presente en el producto final e incrementar la satisfacción de los clientes.

Con la aplicación de investigaciones bibliográfica–documental, de campo e investigación aplicada, se recopiló la información y datos entre los que se encuentra el histórico de ventas del periodo (julio – diciembre del 2023), a través de lo cual se realizó un análisis ABC que permitió reconocer el producto de mayor rentabilidad. Sobre este modelo se levantó información, seguido de diagramas de procesos para comprender la situación de la empresa y el método actual de trabajo empleado en las instalaciones. A través de algunas herramientas como entrevistas y diagramas de Pareto se identificaron los defectos presentes en el área operativa como: piezas descosidas 26%, manchas de adhesivos 20,9%, piezas con defectos de corte 13,2%, etiquetas mal cosidas, 12,4%, cortes irregulares 10,9%, costuras flojas 5,8%, plantas incorrectas 5,8% y estampado defectuosos 5,0%, los cuales estuvieron asociados a factores relacionados con la mano de obra y materia prima identificados mediante análisis de causa – efecto y la matriz AMEF. Una vez que se ha identificado los procesos críticos (aparado y plantado) y los defectos potenciales (manchas de adhesivos y piezas descosidas) con un nivel de calidad para los procesos de 2,46 σ y 2,70σ respectivamente, además de una eficiencia Yield del 83,1% y 88,5% respectivamente, exponiendo así la situación negativa de los procesos.

Finalmente se desarrollaron propuestas de mejora basadas en el análisis de DMAI, en donde se establecieron alternativas que deben mantenerse en el tiempo a través de los registros y programas expuestos en la etapa Controlar (C).

Palabras clave: Six Sigma, variabilidad, AMEF, DMAIC.

ABSTRACT

The research project focuses on analyzing the variability present in the production processes at POOL SPORT, with the objective of proposing an action program to reduce defects using Six Sigma tools and methodologies. These are presented in a list designed to identify the main improvement alternatives, aimed at addressing critical issues, thereby reducing defects in the operational area, decreasing variability, improving the quality of the final product, and increasing customer satisfaction.

Through bibliographic-documentary research, field research, and applied research, all the information and data were collected, including the historical sales data for the period (July - December 2023). An ABC analysis was performed, allowing the identification of the most profitable product. Based on this model, information was gathered, followed by the creation of process diagrams to understand the current situation of the company and the current working method employed at the facilities. Tools such as interviews and Pareto diagrams were used to identify defects in the operational area, such as: unstitched pieces 26%, adhesive stains 20.9%, pieces with cutting defects 13.2%, poorly stitched labels 12.4%, irregular cuts 10.9%, loose seams 5.8%, incorrect soles 5.8%, and defective stamping 5.0%. These defects were associated with factors related to labor and raw materials identified through cause-and-effect analysis and the FMEA matrix.

Once the critical processes (stitching and sole attachment) and potential defects (adhesive stains and unstitched pieces) were identified, with quality levels for the processes at 2.46σ and 2.70σ respectively, as well as Yield efficiencies of 83.1% and 88.5% respectively, the negative situation of the processes was exposed.

Finally, improvement proposals based on the DMAI analysis were developed, where alternatives were established that should be maintained over time through the records and programs outlined in the Control (C) stage.

Keywords: Six Sigma, variability, FMEA, DMAIC.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA DE CALZADO POOL SPORT MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

1.1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, efectos como el crecimiento de la industria de calzado e internacionalización del mercado han descubierto la competitividad de las empresas de calzado a nivel mundial, lo cual se ha visto reflejado en su baja productividad por factores como falta de formación e información, falta de calidad y ausencia de estándares en los procesos, afectando sobre todo a pequeñas y medianas empresas las cuales no cuentan con métodos para analizar, eliminar y controlar las principales causas que impiden su desarrollo [1]. En este mismo contexto, factores como el bajo nivel de control de calidad en los procesos representan una de las principales causas que limitan el crecimiento y desarrollo de una organización, amenazando su presencia en el mercado. Amenazas se atribuyen aspectos en los que pueden involucrarse altos mandos de una organización y empleados de la empresa. Este hecho se evidencia por causas relacionadas con la falta de conocimiento de la aplicación de herramientas sofisticadas que permitan identificar los inconvenientes de las empresas desde su origen, permitiendo determinar técnicas efectivas para reducirlo o eliminarlo [2].

Las condiciones del actual mercado global hacen que las empresas busquen una ventaja competitiva o un desarrollo dinámico, que no es solo de la producción de artículos novedosos y atractivos sino de productos con elevados niveles de calidad [3]. Así, cabe mencionar que la optimización de las actividades del área productiva en las fábricas permite obtener operaciones más eficientes y efectivas, lo que promueve un desarrollo dinámico positivo para las empresas, además de que es un factor que promueve el cumplimiento de los requerimientos y necesidades de los clientes más exigentes, considerando que el comportamiento de los mercados a nivel mundial está directamente influenciado por las expectativas de estos, cuya satisfacción se obtiene con ofertar productos de calidad y reduciendo los plazos de entrega [4].

El mercado de calzado presente en América Latina, últimamente ha adquirido un desarrollo importante para la economía, tal es el caso de países como México en donde se conoce que esta industria ha generado empleo para alrededor de 144 000 mexicanos, además de ello a partir del 2021 según datos informativos del mercado de calzado deportivo es Brasil quien posee un porcentaje aproximado del 30,8 % de participación adquiriendo desde entonces hasta la actualidad el primer lugar como principal productor de calzado en la región [5]. Según un informe de la Cámara de Industrias del Calzado en América Latina y el Caribe (CICALC) el segundo país que posee más participación en el mercado de calzado es México con el 21,1 %, seguido de Argentina con el 12,3 %, Colombia con el 9,3 %, Perú con el 6,5%, Chile con el 3,8% y finalmente Ecuador con el 2,8 %, sin embargo la productividad de dichas industrias se ha visto reducida por aspectos directamente relacionados con la escasa administración de la calidad, afectando sobre todo en pequeñas y medianas empresas en las que se ha observado inconvenientes tales como altas cantidades de productos defectuosos [6].

En Ecuador, la industria de calzado representa un notable desarrollo y crecimiento, al ser considerado como un país con abundantes recursos tales como cueros, pieles, entre otros, se cuenta con la materia prima requerida para la fabricación de este producto clasificándose así para la industria de calzado como una importante fuente de empleo [7]. Según el servicio de rentas internas, en el año 2023 en el país se registraron aproximadamente 3190 industrias dedicadas a la producción de calzado, lo que representó el 11% de PIB (Producto Interno bruto) a nivel nacional y ubicando a la provincia de Tungurahua con un porcentaje de producción del 60% [8].

Según la cámara de calzado de Tungurahua – CALTU, Tungurahua ocupa el primer puesto nacional en fabricación de calzado, abarcando grandes, medianas y pequeñas empresas, incluyendo a los artesanos [8]. Sin embargo, este último grupo enfrenta desafíos significativos en su desarrollo, principalmente debido a la limitada comprensión y aplicación de herramientas que permitan identificar y abordar los factores clave que impactan la calidad de sus productos. Esta deficiencia se debe a razones como el desconocimiento, el miedo al cambio o la falta de compromiso con la calidad de los propietarios [9].

La calidad es un pilar fundamental para todas las empresas, ya que es esencial para mantenerse competitivas en el mercado en el tiempo. La calidad permite identificar puntos críticos que impiden a las empresas alcanzar sus objetivos previstos en cuanto al cumplimiento de los niveles de satisfacción de clientes internos y externos, cumplimiento de tiempos de entrega y reducción de reprocesos [10]. Por esta razón, el control de la calidad es considerado una base crucial para el desarrollo de todo tipo de empresas. La falta de controles de calidad en los procesos impacta negativamente el crecimiento y la mejora continua de las pequeñas industrias de calzado, provocado generalmente por factores entre los que se incluye el miedo al cambio o el desconocimiento de gerentes y propietarios, lo que impide que estas pequeñas empresas se desarrollen positivamente y alcancen reconocimiento internacional [11].

La fábrica POOL SPORT es una organización especializada en calzado deportivo, está situada en Tungurahua, Ambato, en el sector de Huachi Chico, actualmente se encuentra 14 años en el mercado proporcionando al país y a la ciudad zapatillas para todos los géneros y edades, destacando su confort y comodidad. Con el tiempo, la empresa ha acumulado una sólida experiencia en cuanto a la fabricación de dichos productos con constantes ideas innovadoras que permiten que la empresa lance al mercado nuevos modelos de forma periódica. Además, se han comprometido en adoptar técnicas avanzadas para mantener su competitividad en el mercado

POOL SPORT ha considerado necesario incrementar su competitividad y productividad en el mercado a través de la implementación de técnicas viables, sin embargo, a pesar del tiempo que posee en este mercado no se ha evidenciado resultados favorables. Esto se debe a diversos factores adversos que afectan específicamente al área productiva, evidenciando que al final de la línea de producción existe un notable porcentaje de productos defectuosos atribuibles a factores ligados a errores humanos y equipos, hecho que a breves rasgos permite constatar la presencia de variabilidad en los procesos, variabilidad que se traduce en pérdidas de dinero e incumplimiento de tiempos para entregas de pedidos hacia los clientes, además de las pérdidas de tiempo y dinero en el reprocesamiento del calzado.

1.2 Antecedentes investigativos

Con la finalidad de poder enfrentar retos constantes en los mercados, una gran cantidad de empresas se han enfocado a través de los años en buscar la forma de obtener una renovación en aspectos operativos con el propósito de mantenerse rentables y sobre todo promover su capacidad de crecimiento [12]. El camino que permite y facilita alcanzar esto es a través de la adopción de tecnología nueva como las metodologías Manufactura Esbelta y Six Sigma las cuales incrementan las posibilidades de contribuir de manera positiva al éxito de los programas de mejora en las empresas [13].

Desde hace algunas décadas atrás, se ha evidenciado como el control de calidad ha introducido en el campo industrial un concepto denominado Six Sigma el cual representa una metodología revolucionaria para las organizaciones. Esto debido a que esta herramienta ha establecido formas óptimas de mejorar los procesos, productos y servicios. Además de ello ha permitido la disminución de productos considerados como desperdicios y el incremento de la productividad y competitividad en las empresas [13]. Tal es el caso de Motorola, empresa reconocida a nivel mundial como la promotora e impulsora de la metodología Six Sigma, quien logró obtener un nivel promedio de 150 DPMO (Defectos por millón de oportunidades), valor que corresponde a 5,5 nivel sigma, consiguiendo de esta forma identificar y eliminar las principales fuentes de errores en la producción, reducir costos, aumentar los niveles de calidad y finalmente incrementar la satisfacción de los clientes [14].

El aspecto llamativo en la metodología Six Sigma presentada por la compañía Motorola se centró en la reducción de la variabilidad, dicho en otras palabras la eliminación de las causas que originan problemas antes de que se requiera de una intervención y reparación de los defectos que ya se produjeron dentro del proceso productivo, este aspecto coincide con el pilar “calidad a la primera” del sistema de producción de Toyota con la única diferencia de que Seis Sigma se centraba en herramientas estadísticas como no estadísticas que al final permitieron la reducción efectiva de la variabilidad presente en los procesos productivos [14], [15].

Según las investigaciones acerca del mejoramiento continuo en la industria del calzado [15], y estudio de la metodología Lean Six Sigma [16], señalan que mediante la implementación y uso efectivo de esta metodología en la industria de calzado y de

cuero se obtiene significativas mejoras relacionadas con la competitividad y con el incremento de la productividad en dichas empresas. Este logro se ha conseguido porque, por lo general, este tipo de metodologías implican un análisis a profundidad del proceso productivo, considerando que esto permite a las empresas identificar cuáles son las causas potenciales que generan altos porcentajes de defectuosos para así a través de las fases DMAIC, establecer una lista e instrucciones que permitan resolver desde la raíz todos los problemas que se encuentran presentes en las industrias, enfocándose también en la mejora continua.

En este mismo contexto, la utilización de Six Sigma para las empresas de calzado las cuales se encuentran presentes en un escenario constituido por la Industria 4.0 se encuentra regido por diversos factores claves que son los que favorecen o no su implementación y obtención de resultados positivos para las organizaciones [17], estos factores se relacionan directamente con la concientización de gerentes y empleados tomando en cuenta que la adopción de la metodología debe adquirir un compromiso organizacional para garantizar que su implementación es efectiva [18].

Por otra parte, los autores J. Hernández y J. Carreño [19] mencionan que en las industrias del calzado ya sean estas pequeñas o medianas poseen casi siempre altos porcentajes de defectuosos en sus productos finales, condición que se da debido a factores que se encuentran relacionados directamente con el factor humano, las máquinas utilizadas, los métodos de trabajo empleados, los materiales y condiciones de trabajo. Sin embargo, la investigación Factores que influyen en el desarrollo de la micro y pequeña empresa [12] afirma que las principales causas no se limitan solo al área productiva, sino que también afecta al área administrativa y al compromiso con la calidad de sus productos. Por ello se considera necesario un análisis exhaustivo en cada uno de los departamentos presentes en las organizaciones.

A pesar de las circunstancias mencionadas con anterioridad las cuales representan factores importantes que han impedido una aplicación exitosa de la metodología Six Sigma, existen empresas que por el contrario forman parte de la historia como pioneras en su implementación, tal es el caso de General Electric quien logro alcanzar una transformación organizativa, mejora de calidad en el desarrollo de productos y

servicios, optimización de la eficiencia y finalmente incrementar la ventaja competitiva [20], [21].

Además de las empresas mencionadas con anterioridad existen otras reconocidas también a nivel mundial por la obtención de resultados eficientes gracias a la implantación de la metodología Six Sigma como: Dell, Fedex, Honeywell, Johnson & Johnson, Lockhedd Martin, Procter & Gamble y Samsung que según las investigaciones Aporte de la metodología Six Sigma en el control de la calidad [18] y Propuesta de mejora para el sistema productivo a partir de la metodología Six Sigma [21], implementaron técnicas como capacitaciones a todos los miembros de las empresas con conocimientos básicos en las etapas de DMAIC para el análisis de problemas en base a datos cuantitativos y cualitativos añadiéndoles la habilidad de superar obstáculos antes de que se generen efectos perjudiciales en los procesos y liderazgo fuerte para saber cómo dirigir y afrontar los problemas.

Por otra parte, la investigación Análisis Six Sigma en el proceso de montaje de las empresas zapateras [22], menciona que las fábricas de calzado de Bangladesh que implantaron la metodología Six Sigma con cada una de las fases de DMAIC consiguieron reducir los efectos por un millón de oportunidades de 46054 a 3365, alcanzando un porcentaje de reducción del 92,69%, alcanzando así un nivel de Sigma de 4 en comparación con años anteriores en donde no le era posible superar el 3,2 Sigma llegando a adquirir un nivel competitivo más alto, por lo que lograron que la variabilidad en sus procesos sean menor, mientras que los autores S. Fonseca [21] y J. Calderón [23], afirman que la metodología no solo reduce la variabilidad en las empresas manufactureras si no también en los procesos administrativos y de servicios tomando en cuenta que todo tiene procesos secuenciales susceptibles a variabilidad y evidenciando el grado efectivo de implementar Six Sigma en las organizaciones.

En este mismo contexto, un estudio realizado en Chimbote, Perú determinó la efectividad de la aplicación de Six Sigma para la reducción de variabilidad que se encuentra presente en las industrias del país, controlando de forma eficiente las principales causas de defectos presentes en los procesos productivos, permitiendo que el producto al final de la línea de producción llegue a los clientes con altos estándares

de calidad, satisfaciendo las necesidades y requerimientos de estos que son la razón principal de todas las organizaciones [24].

Existen empresas ya sean grandes, medianas o pequeñas que se han enfocado en la determinación de resultados positivos a corto plazo, con la finalidad de comprender la efectividad de la metodología y a partir de este punto implantar la metodología de forma permanente con miras hacia el éxito que se alcanzara a largo plazo [25]. Este hecho positivo ha permitido que las organizaciones se conviertan en modelos a seguir para las industrias ecuatorianas (grandes, medianas y pequeñas) que aún no han conseguido implantar Six Sigma con las fases DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) debido a algunos factores entre los que se incluyen la falta de conocimiento y el miedo al cambio [25].

Además de ello, la empresa 3M o también conocida como Minnesota Mining and Manufacturing Company, corporación multinacional que demostró como Six Sigma permitió desarrollar diversas propuestas de mejora enfocadas principalmente en reducir la variabilidad presente en sus operaciones entre las cuales se incluyen el diseño de proyectos específicos en diversas áreas de la empresa, entrenamiento y certificación de sus empleados, con más de 55000 empleados asalariados capacitados permitiendo que los empleados busquen constantemente maneras de optimizar los procesos y reducir los defectos presentes, además de ello la organización propuso otras soluciones a sus problemas entre los cuales se incluyen resultados medibles, enfoque en la reducción de defectos e innovación en productos [26].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Calidad

Según Juran, uno de los principales gurús del control de la calidad, define a la calidad total como tal como todos aquellos aspectos físicos del producto además de las cualidades que estos poseen los cuales deben responder a las expectativas y requerimientos de los clientes, cumpliendo con las especificaciones previstas para el producto, mientras que por otra parte señala también que calidad de un producto se refiere a tener características que lo hacen adecuado para la utilización independientemente si cumple con especificaciones [27].

1.3.2 Control estadístico de la calidad

Aplicación de diferentes herramientas, métodos, técnicas herramientas estadísticas destinadas a todo tipo de procesos ya sean estos industriales o de servicios con la finalidad de identificar si todas y cada una de las actividades que se están desarrollando en una organización cumplen con ciertas exigencias de calidad y de no serlo así, el control de calidad permite cumplirlas [28]. Algunos de los métodos estadísticos más comunes y de mayor uso para el control de los procesos son:

a. Mapa de procesos

Es un diagrama que permite adquirir sin mayor grado de complejidad y de forma rápida, una visión general de la empresa y de cada actividad que se desarrolla en esta jornada. El objetivo principal de un mapa de procesos es exponer una imagen de la organización de forma unificada permitiendo una comprensión completa de los procesos desarrollados en la empresa y definiéndolos en tres tipos de procesos los cuales son: Estratégicos, operativos y de apoyo [29].

b. Diagrama ABC

Es una gráfica administrativa basada en el mismo principio de Pareto el cual permite categorizar un producto en tres zonas diferentes: Zona A, B y C permitiendo identificar a los productos de la zona A como los de mayor porcentaje de participación dentro de una organización según sea el caso de estudio. Para determinar dicho porcentaje es necesario implementar la Ecuación 1:

$$\%\, participación = \frac{Costo\ por\ artículo}{Costo\ total} * 100 \qquad (1)$$

Dicho de otra forma, el análisis de la gráfica permite rescatar cuestiones importantes como el volumen de ventas, permitiendo responder una pregunta clave para el estudio: ¿Qué productos o servicios aportan con más beneficios? [29].

c. Diagrama de Barras

Herramienta que permite presentar de forma resumida y a su vez comparar los datos que previamente fueron categorizados representándolos en barras expuestas en los ejes

X y Y, en donde el eje de las X representa las categorías discretas que pueden corresponden a una o varias barras, mientras que el eje de las Y representa un valor numérico horizontal. Un diagrama de barras siempre reflejará el coteo de la frecuencia de series de datos permitiendo identificar cual es el de mayor frecuencia [29].

d. Diagrama de flujo

Diagrama que permite representar de manera ilustrativa cada una de las actividades involucradas en el proceso productivo las cuales se encuentran ordenadas secuencialmente. A través de esta herramienta se logra identificar como está compuesto el proceso, en que cosiste, como están relacionadas las actividades que forman parte con la finalidad de mejorar el proceso de producción [30]. En la Figura 1 se expone un flujograma relacionado con el problema "la lámpara no prende":

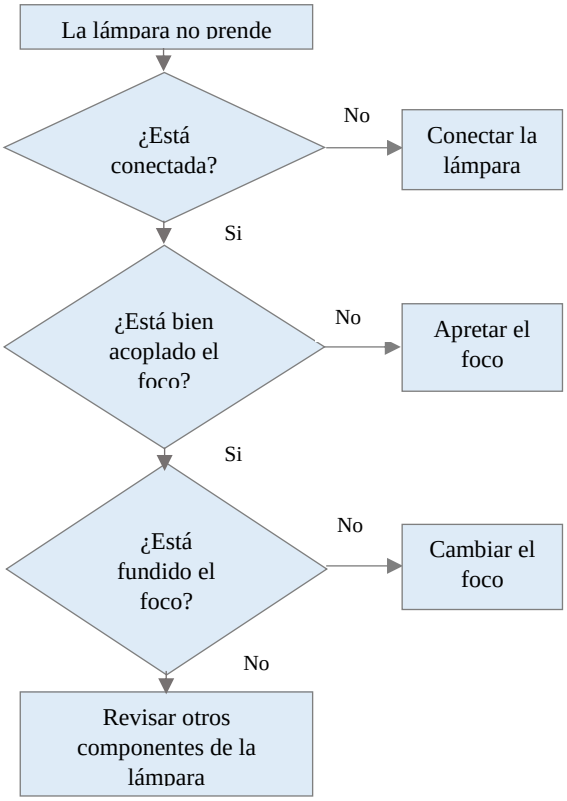


Figura 1. Ejemplo de diagrama de flujo [30]

e. Cursograma analítico

El cursograma analítico constituye una herramienta fundamental en la gestión de procesos, destinada a la representación meticulosa y secuencial de las actividades,

tareas, decisiones y documentos inherentes a un proceso particular. Se presenta en forma de diagrama detallado que desglosa minuciosamente el desarrollo del proceso, desde su inicio hasta su conclusión [31]. Esta modalidad de diagramación posibilita la identificación nítida y precisa de cada una de las actividades que configuran el proceso, así como de las interrelaciones entre ellas y los documentos producidos y utilizados en cada fase [31].

f. Diagrama sinóptico

El diagrama sinóptico para procesos de manufactura es una herramienta visual que simplifica y estructura los pasos o fases principales implicados en la producción de un producto manufacturado. Su propósito principal radica en comunicar de manera clara y concisa la secuencia de actividades y operaciones que conforman el proceso de fabricación [32].

Cada etapa del proceso en un diagrama sinóptico para procesos de manufactura se representa mediante símbolos gráficos específicos, lo que agiliza su comprensión y visualización por parte de los involucrados en el proceso [32].

g. Entrevista

Forma parte de las técnicas que han sido utilizadas en investigaciones enfocadas a obtener resultados cualitativos en donde intervienen un entrevistador y un entrevistado [33]. Esta técnica permite entablar una conversación con cada uno de los miembros de la organización, facilitando así la recolección de información de primera mano por parte de quienes están involucrados en el tema objeto de estudio [34].

h. Diagrama de Pareto

Es una herramienta muy utilizada por las organizaciones que permite tomar decisiones acerca de cuáles son las principales causas que se deben resolver con carácter de prioritarias [35].

Este diagrama se basa en datos e información recopilada por análisis estadísticos en donde se aplica la Ley 80-20 a través de la cual se identifican que pocos elementos

(20%) son los que general la mayor cantidad de defectos (80%), es decir un porcentaje mínimo de causas son las que originan un gran porcentaje de problemas [30], [35].

Para la realización del diagrama se emplea un gráfico de barras el cual facilita la representación las causas que están generando los defectos presentes en un proceso los cuales se deben resolver en un orden en específico según muestre el diagrama. Cada barra presente en el diagrama permite identificar una de las causas que se encuentra provocando fallas en los procesos, además de ello también se muestra una curva la cual permite conectar los puntos ordenados de mayor a menor identificando de esta manera cuales son los elementos con mayor porcentaje, como se muestra en la Figura 2 [30]:

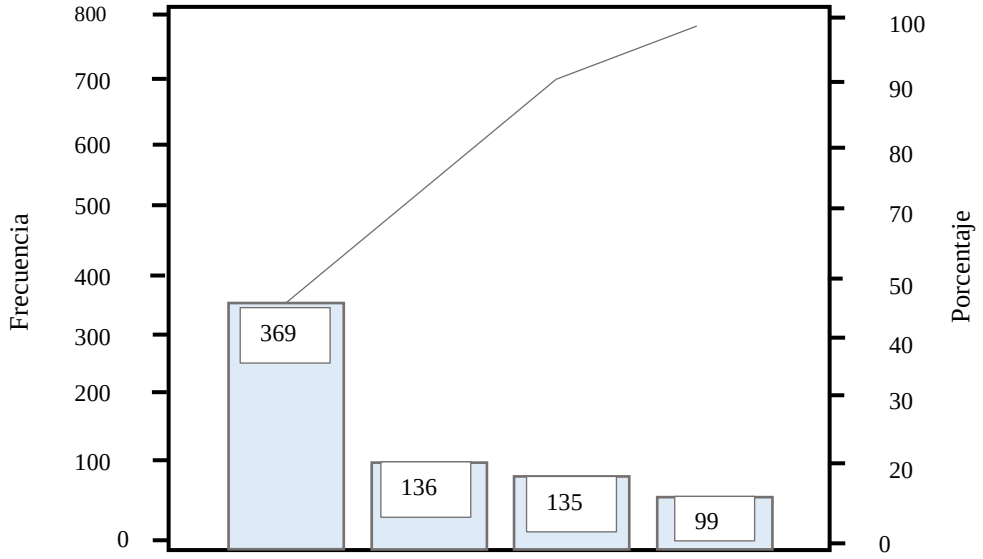


Figura 2. Ejemplo diagrama de Pareto [30]

1.3.3 Six Sigma

Six Sigma es una herramienta completa que permite alcanzar, mantener, controlar y maximizar el éxito alcanzado por las organizaciones que consiguen su implantación a través del análisis y control de las principales fuentes o causantes de variación en los procesos productivos [24].

El éxito que proporciona esta herramienta es alcanzado gracias a la flexibilidad que posee la herramienta Six Sigma debido a que involucra dos aspectos fundamentales: un sistema estadístico a través del análisis de los datos y de los hechos y por otro lado

involucra también una filosofía de gestión permitiendo aplicar formas mucho más sofisticadas de dirigir una empresa promoviendo y facilitando el impulso y crecimiento de dicha organización a través del mejoramiento de la satisfacción de los clientes, reducción de tiempos y reducción de defectos [18].

Esta herramienta hace uso del término sigma, el mismo que es usado para representar un indicador enfocado en el nivel de calidad aplicable a cualquier proceso [22], alcanzar un nivel de Sigma igual a 6 se traduce a alcanzar un valor de 3,4 defectos en un millón de piezas, lo que significa que el 99,99996% de los productos son aceptados, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Relación entre el nivel sigma y ppm [30]

Nivel Sigma	Defectos por millón de oportunidades	Rendimiento porcentual (%)
1	690000	30,90
2	308537	69,20
3	66807	93,39
4	6210	99,40
5	233	99,98
6	3,4	99,9997

De esta forma los programas de Six Sigma con cada uno de sus niveles sigma también se basan en un programa en el cual debe verse involucrada la comunicación entre todos los niveles de una organización con la finalidad de fomentar la comprensión, compromiso y apoyo de toda la empresa ya sea la parte interna o externa (proveedore, clientes clave) [30].

a. Variabilidad

Six Sigma propone realizar análisis y control de las principales causas de variabilidad en los procesos de una organización, dicha variabilidad se traduce como una característica cotidiana presente en la vida y en el mundo que nos rodea [36].

En este mismo contexto la variabilidad en un proceso representa los cambios inevitables presentes en los procesos productivos, lo que posteriormente afecta al producto y a la calidad de este, representando de esta forma la cantidad de defectos presentes en un producto debido a distintos aspectos imprevistos o causas inevitables

por lo que reducir está a 3,4 defectos por millón de oportunidades permitiría a una organización alcanzar un niel ideal de Six Sigma [37], por lo tanto es importante entender y analizar las causas de la variación sabiendo que en cualquier proceso de servicios o manufacturero interactúan mano de obra, materiales, métodos, maquinaria, mediciones y medio ambiente [30].

- ***Causas de Variabilidad.***

Las principales causas de variabilidad se encuentran representadas por las 6 M mencionadas con anterioridad (mano de obra, materiales, métodos, maquinaria, mediciones y medio ambiente) debido a que en el resultado final de un proceso se ven involucradas todas y cada una de ellas tal como se muestra en la Figura 3, por tal razón se asumen que si al controlar un proceso productivo se observa que existe la presencia de un cambio representativo sea de forma accidental u ocasional, la principal causa de la generación del cambio se encuentra en una o en más de las 6 M [30]. Es por ello la importancia de implementar herramientas que permitan identificar y comprender los causantes de variabilidad con la finalidad de tomar acciones que permitan la reducción o eliminación efectiva.

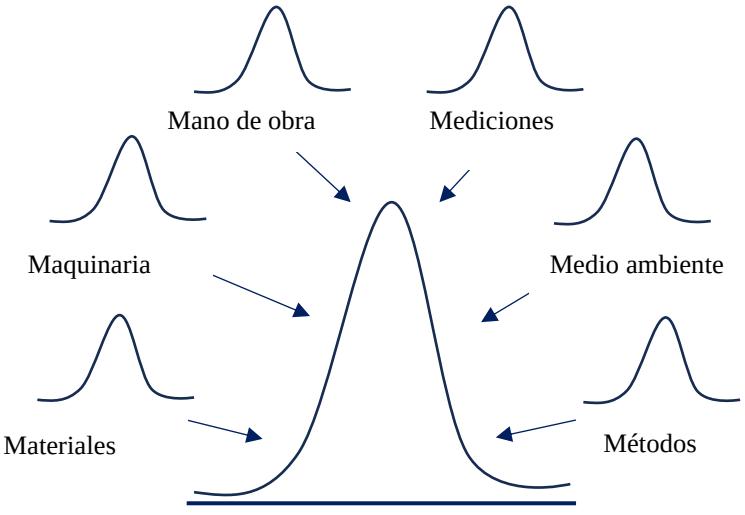


Figura 3. 6 M presentes en los procesos productivos [30]

1.3.4 Metodología DMAIC

La herramienta Six Sigma se apoya en una metodología robusta denominada DMIAC, esta metodología costa de 5 fases: Definición, Medición, Análisis, Mejoramiento y

Control, las cuales representan un método ordenado que permite medir y mejorar el rendimiento de las organizaciones con el propósito de incrementar la calidad de los productos y servicios, eliminando de forma efectiva las principales causas de variabilidad [38]. La metodología DMAIC en inglés Definition, Measurement, Analysis, Improvement, and Control consiste netamente en la definición del problema, medición, análisis de este y la propuesta de mejora para posteriormente controlar los procesos [30]. En la Figura 4 se presenta cada una de las etapas con una breve descripción de cada una de ellas:

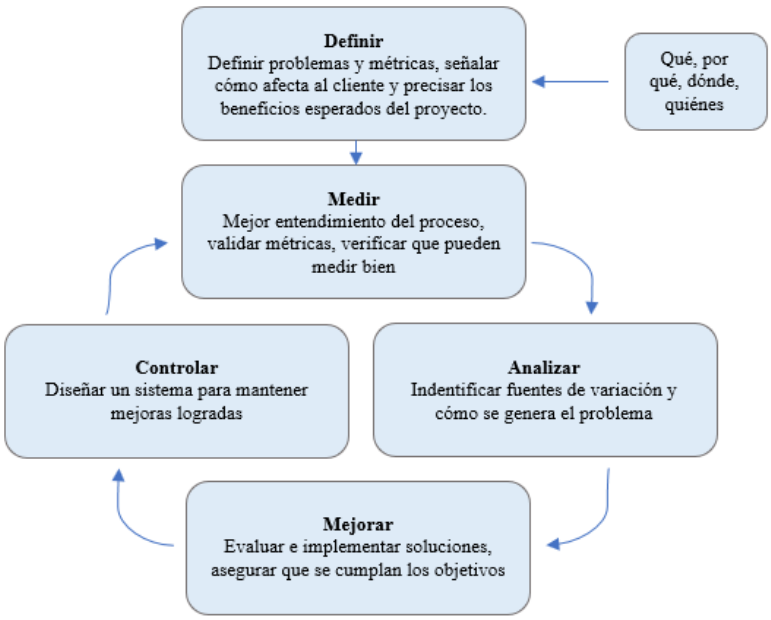


Figura 4. Etapas para la realización de un proyecto Six Sigma [30]

a. Fase Definir

Es la primera etapa de DMAIC y se encuentra enfocada en el entendimiento y comprensión del problema y sus consecuencias [38]. La fase Definir es considerada también como la más importante para el desarrollo del proyecto debido a que es aquí en donde se identifican de manera precisa la situación en la que se encuentra la organización en la actualidad y a partir de ello se establecen de forma clara los objetivos que se esperan alcanzar [39].

Las herramientas más utilizadas en el desarrollo de la primera fase son las siguientes:

- ***SIPOC***

Por sus siglas: Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas) y Customers (clientes) es una herramienta que permite caracterizar un proceso a través de la identificación y análisis de las entradas, procesos, salidas y clientes, así como también visualizar las interacciones con los clientes, proveedores y otros procesos a fin de determinar resultados que permitan cumplir con la satisfacción de los requerimientos de clientes [39].

Para desarrollar un diagrama SIPOC de forma correcta, el autor [30], menciona las siguientes actividades específicas:

a. Delimitación del proceso, además de elaborar un diagrama de flujo a través del que se especificarán 5 etapas principales.
b. Identificar de forma clara las salidas o resultados del proceso.
c. Especificar cuáles son los clientes finales.
d. Establecer cada una de las entradas las cuales son fundamentales para que el proceso productivo se realice.

En la Figura 5 se muestra cada uno de los aspectos más importantes que se debe desarrollar para obtener resultados precisos:

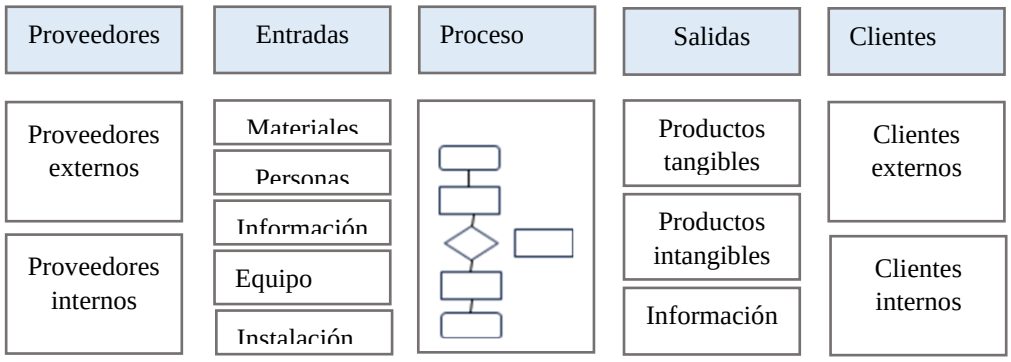


Figura 5. Estructura del diagrama SIPOC [40]

- ***Lluvia de ideas***

También conocida como tormenta de ideas permiten recolectar información generalmente creativa acerca de un tema en específico promoviendo la interacción y participación de un grupo de personas de la misma área o de diferentes con la finalidad

de obtener puntos de vista diferentes de un mismo tema o problema el cual esté siendo estudiado [41].

- ***Diagrama de Ishikawa.***

Diagrama que también es conocido como diagrama de causa y efecto permite dividir las causas en diferentes categorías clasificándolas de forma ordenada permitiendo que su análisis sea mucho más preciso y no tan complejo [42].

El autor [30], menciona por otra parte que el diagrama permite representar de forma gráfica la relación que existe en un problema o efecto con varios factores o causas las cuales están relacionadas directamente con las 6 M, de allí que se deriva el método de las 6M como se expone en la Figura 6:

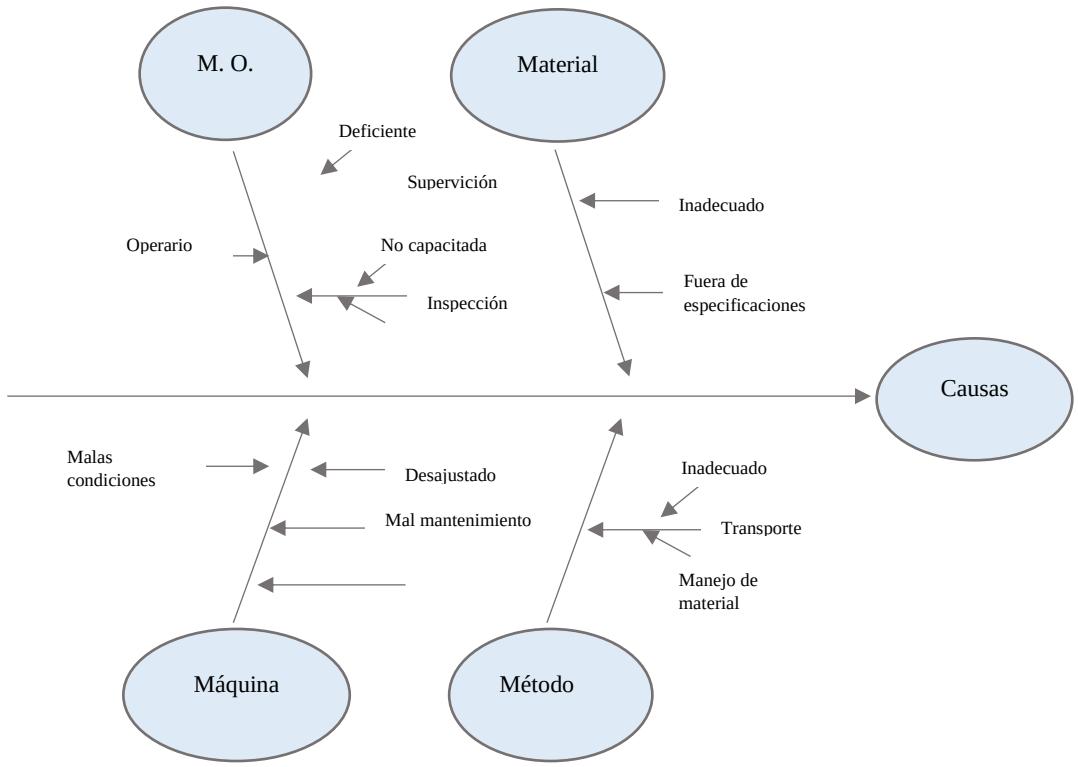


Figura 6. Ejmeplo de diagrama de Ishikawa por el método de 6M [30]

- ***CTQ's***

Por sus siglas en inglés (Critical to quality) o parámetro crítico para la calidad son características o atributos que satisfacen los requerimientos y expectativas claves para los clientes [43]. Los aspectos más importantes para un CTQ es el hecho de que vienen

dados directamente de la voz del cliente (VOC) una vez que se ha identificado algunos parámetros importantes tales como los clientes ya sean internos o externos correctamente segmentados [43], después se categoriza los requerimientos más críticos para los clientes mediante un diagrama de Kano.

Finalmente, una vez concluido la primera etapa de la metodología, es clave tener plenamente definidos el objetivo del proyecto, la manera en la que va a ser medido su éxito, el alcance, los principales beneficios y el grupo de personas que van a intervenir en el desarrollo de las actividades [44].

A continuación, en la Figura 7 Se presentan los pasos cronológicamente ordenados propuestos para el desarrollo de la presente fase.

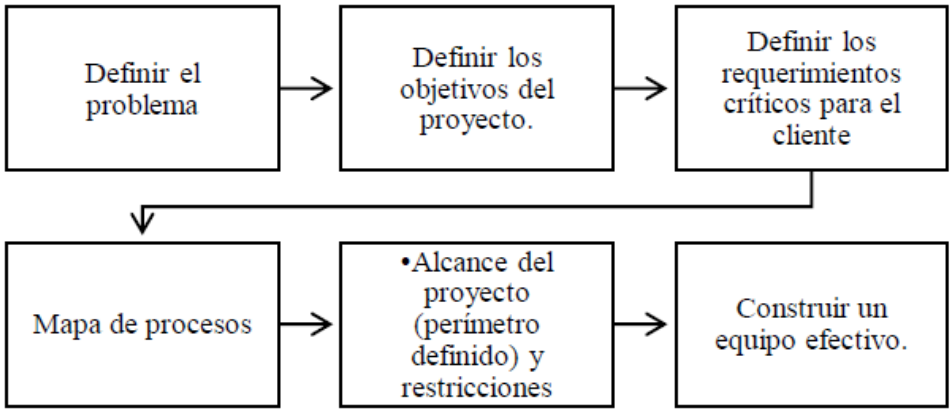


Figura 7. Pasos para la definición del proyecto [45]

b. Fase Medir

La segunda fase del proyecto se centra en la elaboración e implementación de un procedimiento sistemático destinado a la recopilación de información relevante relativa al proceso de producción [38]. Dicha información se centra en la localización del origen que provoca variaciones en el desarrollo de las actividades productivas [45].

En este contexto, la recopilación de datos emerge como un elemento crucial. Esta fase tiene a demandar la asignación más significativa de recursos, dado que el éxito de las etapas subsiguientes depende en gran medida de ella. En última instancia, implica comprender de forma mucho más precisa cuales son los factores dentro del proceso que generan variaciones o defectos, y por qué razón, reiterando así la búsqueda de la causa raíz [45]. Es importante considerar para esta etapa las siguientes herramientas:

- ***Hojas de verificación.***

Herramienta que permite la recolección de datos permitiendo que el registro de esta información sea mucha más sencilla, sistemática y sobre todo que posteriormente facilite su análisis [30].

El objetivo principal de las hojas de verificación es permitir el análisis y posterior medición de aspectos importantes en los procesos productivos de una organización, con la finalidad de generar información importante para una posterior toma de decisiones que aporten de forma positiva a una empresa [41].

Existen diferentes tipos de hojas de verificación, para este caso se analiza el tipo de hoja que permite la localización de defecto debido a que proporciona información como la zona de mayor frecuencia de defectos como se expone en la Figura 8:

Hoja de verificación		
Producto: Fecha: Inspector:		
Defectuosa por	**Frecuencia**	**Subtotal**
Movida	///// ////// ////// //////	24
Mordida	///// /	6
Ángulo	////// ////// ///// //	17
Otros	////	4
	Total	51

Figura 8. Hoja de verificación para productos defectuosos [30]

- ***Carta de control***

Herramienta gráfica que permite monitorear los procesos y detectar cambios además de que se pueden utilizar para medir diferentes características de calidad ya sean para variables o atributos [46]. El objetivo principal de las cartas o gráficas de control es analizar cuál es el comportamiento de determinados procesos en el transcurso del tiempo identificando así variaciones relacionadas a causas comunes y especiales [30].

En la Figura 9 se observa un ejemplo de carta de control donde su objetivo principal es determinar de dónde a dónde se encuentra variando el proceso según la campana, y cómo está variando el estadístico denominado W que, según el auto [29], puede ser una media muestral, rangos, porcentajes, etc.

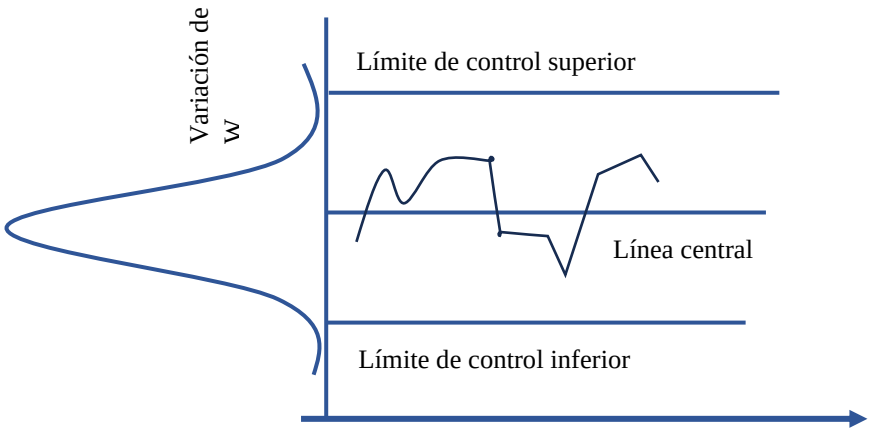


Figura 9. Elementos de una carta de control [30]

Una carta de control se encuentra sujeta a límites superior e inferior, los cuales son los encargados de determinar el inicio y fin de la variación de manera que cuanto un proceso se encuentra estadísticamente controlado, los valores de la media estarán dentro de los límites [30].

Tipos de cartas para atributos

- P (proporción de defectuosos)
- Np (número de defectuosas)
- C (número de defectos)
- U (número de defectos por unidad)

Tipos de cartas para variables

- X (de medias)
- R (de rangos)
- S (de desviación estándar)

- ***Límites de control***

Cartas para variables: gráficas que permiten representar de forma gráfica una característica de calidad de aspecto continuo ya sea peso, longitud, volumen, etc [30].

Cartas para atributos: Son gráficas del tipo binomiales es decir se cataloga un proceso o producto como defectuosos o no defectuosos.

Para determinar los límites de control de cualquier tipo de carta de control se emplean las Ecuaciones generales 2 y 3:

$$LCI = \mu_w - 3\,\sigma_w \tag{2}$$

$$LCS = \mu_w + 3\,\sigma_w \tag{3}$$

En donde w representa el estadístico en la gráfica.

- ***Carta de control NP (número de defectos)***

Debido a ocasiones en las que se determina como un valor constante al tamaño de subgrupo o muestra p, por lo que es necesario tomar como base para análisis de gráficas de control a la carta np, la cual permite graficar el número de defectuosos para cada subgrupo [30].

Cabe recalcar que los límites de la carta para este tipo de gráfica son obtenidos estimando aspectos como medias y desviaciones suponiendo que se cuenta con una distribución del tipo binomial, y estos son los encargados de exponer que tanto se encuentra variando la cantidad de artículos defectuosos esperados para cada n cantidad de productos inspecciones [30].

Para determinar los límites de control de este tipo de carta de control es necesario aplicar las siguientes Ecuaciones 4 y 5:

$$LCS = np + 3\sqrt{np(1-p)} \tag{4}$$

$$LCI = np - 3\sqrt{np(1-p)} \quad (5)$$

- ***Índice Cp***

Índice de capacidad potencial del proceso, se encuentra basado en el principio de comparar el ancho de especificaciones con la amplitud de la variación real [30].

Para considerar que un proceso podría cumplir con los requerimientos especificados es necesario obtener valores relacionados entre la variación natural y la variación tolerada, que para el autor del libro [30], el primer valor siempre debe ser mayor a la variación tolerada. En tal virtud, en la Figura 10 se establecen los valores estipulados por el autor a través de los cuales se puede determinar cuándo un proceso es adecuado o no, dependiendo siempre del índice de capacidad potencial del proceso tomando en cuenta que para que un proceso sea de clase mundial y obtenga un nivel de calidad sigma igual a 6, el índice Cp deberá ser mayor o igual a 2.

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	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.

Figura 10. Valor del índice Cp y categoría del proceso [30]

- ***Índice St***

Herramienta que permite determinar la estabilidad de un proceso productivo analizando los puntos fuera de límites o especificaciones obtenidas en los diferentes tipos de cartas de control pertinentes para cada proceso y para los estudios requeridos, que podrían ser para atributos y para variables [29], para lo que se usa la Ecuación 6.

$$S_t = \frac{Número\ de\ puntos\ especiales}{Total\ de\ puntos\ graficados} * 100 \quad (6)$$

- ***Nivel de calidad en Sigmas***

Según el autor Humberto Gutiérrez Pulido, poseer un nivel de calidad seis sigmas significan tener una organización de clase mundial la cual diseña y produce productos mediante procesos que logran que la variación presente en estos sea mínima, consiguiente que el índice del nivel de calidad sea 6 a corto plazo, lo que significa que se obtendría 0,002 ppm, que para casos prácticos se traduce a procesos con 0 defectos [30].

Según el autor [30], también establece que para que una organización se encuentre en un nivel de calidad estándar básica y además adecuada para su funcionamiento debe encontrarse en niveles mínimos de 3 sigmas, buscando siempre la mejora continua, mientras que si se encuentra en valores inferiores significa que requiere de medidas inmediatas para su tratamiento y posterior corrección de errores [45].

Mediante la Figura 11 se establecen el número de partes por millón (ppm) obtenidas para cada proceso y los niveles de calidad sigmas (Zc) correspondientes.

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 especificaciones	PPM fuera de especificaciones
0.33	1	68.27	317300	–0.5	30.23	697 700
0.67	2	95.45	45500	0.5	69.13	308 700
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

Nivel de calidad en sigmas: $Z_c = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(PPM_L)}$ $\quad PPM_L = \exp\left[\frac{29.37 - (Z_c - 0.8406)^2}{2.221}\right]$

Figura 11. Relación entre Zc y ppm [30]

- ***Partes por millón (PPM)***

Para definir de forma precisa el índice Zc se establece como punto de partida el cálculo de la métrica partes por millón (ppm) la cual nos permite identificar la cantidad de unidades no conformes o defectuosas en el proceso expresadas en partes por millón [30].

Por ejemplo, si se obtienen 20 productos defectuosos de 1000 unidades producidas, esto quiere decir que 20 000 productos serán defectuosos por cada millón de productos fabricados. Para determinar la métrica es necesario establecer la siguiente Ecuación 7:

$$ppm = \frac{Número\ de\ defectos}{Número\ total\ de\ unidades} * 1000000 \quad (7)$$

Una vez identificado las partes por millón es posible determinar el nivel de calidad como se mencionó con anterioridad a través de la Figura 11, sin embargo, existe ocasiones en las que la ppm no coinciden con los valores estipulados por el autor, razón por la cual es indispensable realizar una interpolación a través de la Ecuación 8:

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} * (y_2 - y_1) \quad (8)$$

Con los valores interpolados resulta menos complejo identificar los niveles de calidad exactos para cada proceso que estén siendo estudiado para fines posteriores.

- ***Eficiencia Yield***

Conocido como índice de rendimiento, hace referencia al porcentaje o proporción de artículos que pasan con éxito un conjunto de pruebas o inspecciones realizadas con fines de control de calidad en comparación con el número total de artículo que ingresaron al proceso. Dicho de otra forma, el índice de rendimiento hace referencia a los productos no defectuosos sobre el total de productos fabricados [47]. En la Tabla 2 se expone los valores relacionados con el porcentaje de eficiencia:

Tabla 2. Relación entre el nivel de calidad y el índice Yield [47]

Sigma	Yield
2,9	91,9%
2,8	90,3%
2,7	88,5%
2,6	86,4%
2,5	84,1%
2,4	81,6%
2,3	78,8%
2,2	75,8%
2,1	72,6%

Sigma	Yield
2	69,1%
1,9	65,5%
1,8	61,8%
1,7	57,9%
1,6	54,0%
1,5	50,0%
1,4	46,0%
1,3	42,1%
1,2	38,2%
1,1	34,5%
1	30,9%
0,9	27,4%
0,8	24,2%
0,7	21,2%
0,6	18,4%
0,5	15,9%
0,4	13,6%
0,3	11,5%
0,2	9,7%
0,1	8,1%

- ***Estudios R&R para atributos***

En función del enfoque del estudio, algunos procesos de manufactura incorporan sistemas de medición que clasifican los productos o piezas en dos categorías "aceptados" o "rechazados". Estas categorías dependen de inspecciones las cuales son realizadas por evaluadores quienes utilizan sus sentidos (vista, gusto, oído, tacto, olfato), por lo que se obtiene como resultado mediciones binomiales, representadas por 0 para productos rechazados y 1 para productos aceptados [30].

Según [30], para un estudio de repetibilidad y reproducibilidad binario es recomendable optar por al menos 2 inspectores los cuales deben evaluar mínimo en dos ocasiones el número de piezas suficiente que por lo general van desde 30 hasta 100.

Para el presente estudio se opta por la implementación del método de análisis de riesgo el cual esta basado en la utilización de m evaluadores los cuales analizan n productos r ocasiones para lo cual el autor Gutiérrez Humberto [30], en su libro recomienda:

a) Incluir en el estudio a evaluadores en todo rango de entrenamiento, mínimo 2 personas.

b) utilizar productos que en el que se incluya todos los niveles de calidad entre 30 y 100.

c) realizar mínimo 2 evaluaciones.

Determinación de posibles desacuerdos

Los desacuerdos posibles a_p para el presente estudio quedan definidos mediante la siguiente expresión:

$$a_p = \frac{k(k-1)}{2} \quad (9)$$

En donde:

a_p: desacuerdos posibles

k: número de inspecciones a las que son sometidas las zapatillas

Mientras que para determinar el total de acuerdos posibles a_t se utiliza la expresión que viene dada de la siguiente forma:

$$a_t = a_p * p \quad (10)$$

En donde:

p: número de piezas en el estudio

Nivel de desacuerdo del estudio

El nivel de desacuerdo del estudio ND_e se obtiene mediante la implementación de la expresión que se muestra a continuación:

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} * 100 \quad (11)$$

En donde:

D_e: total desacuerdos en el estudio

Repetibilidad

Representa la variación en las mediciones realizadas por un solo evaluador utilizando el mismo método en la misma condición con el mismo producto. Para determinar este valor se utiliza la siguiente expresión:

$$ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}} * 100 \qquad (12)$$

En donde:

D_{rep}: total de desacuerdos

Cabe mencionar que los valores van desde 0 a 100 tomando en cuenta que mientras más alto sea el resultado peor será la repetibilidad de los evaluadores.

Reproducibilidad

Representa la variación en las mediciones realizadas por diferentes evaluadores en el mismo método en las mismas condiciones y el mismo ítem. Para determinar este valor se utiliza la siguiente expresión:

$$ND_{repro} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}} * 100 \qquad (13)$$

En donde:

D_{repro}: total de desacuerdos

O_{repro}: total oportunidades de desacuerdo; para lo cual se utiliza la expresión siguiente:

$$O_{repro} = número\ de\ pares * número\ de\ parejas\ de\ operarios * número\ de\ evaluaciones * 2$$

Finalmente, los pasos necesarios a seguir para la segunda etapa de DMAIC se muestran en la Figura 12

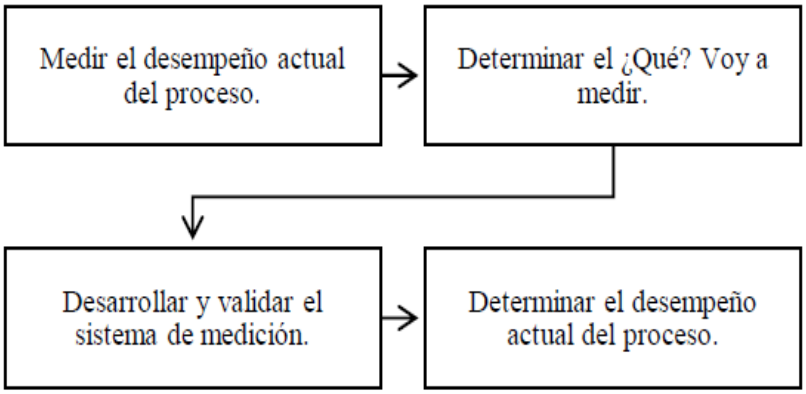


Figura 12. Pasos de la fase medir [45]

c. Fase Analizar

En la tercera etapa se desarrolla un análisis exhaustivo de todos los datos que fueron recopilados en la fase anterior con la finalidad de encontrar las primeras causas que originaron el problema que está siendo estudiado [38]. El objetivo primordial de esta etapa consiste en llevar a cabo un análisis exhaustivo del problema, con el propósito de identificar y eliminar las causas raíz que afectan el rendimiento actual de los procesos [45].

Este proceso implica una evaluación detallada de los componentes y las operaciones, así como de los factores que pueden estar contribuyendo a cualquier brecha identificada. La implementación de esta fase requiere una comprensión profunda de los procesos involucrados, así como la capacidad para identificar y abordar el cómo y el por qué se generan los problemas que afectan de manera negativa produciendo defectos en los procesos y confirmarlos con datos. [25].

Algunas de las herramientas utilizadas en la fase analizar son:

- ***AMEF.***

Por sus siglas Análisis de modos y efectos de fallas es una herramienta que permita identificar potenciales fallas ya sea de un proceso o de un producto, y mediante un análisis de aspectos como la probabilidad de que ocurra, principales formas de detección y los efectos que genera se procede a jerarquizar dichas fallas con la finalidad de identificar cuáles son las que provocan mayor vulnerabilidad a la

confiabilidad de los procesos y será allí donde se genera acciones que permitan reducir o eliminar los riesgos [30], [48].

A continuación, en la Figura 13 se presenta un esquema con las actividades necesarias de forma resumida para la realización de un AMEF:

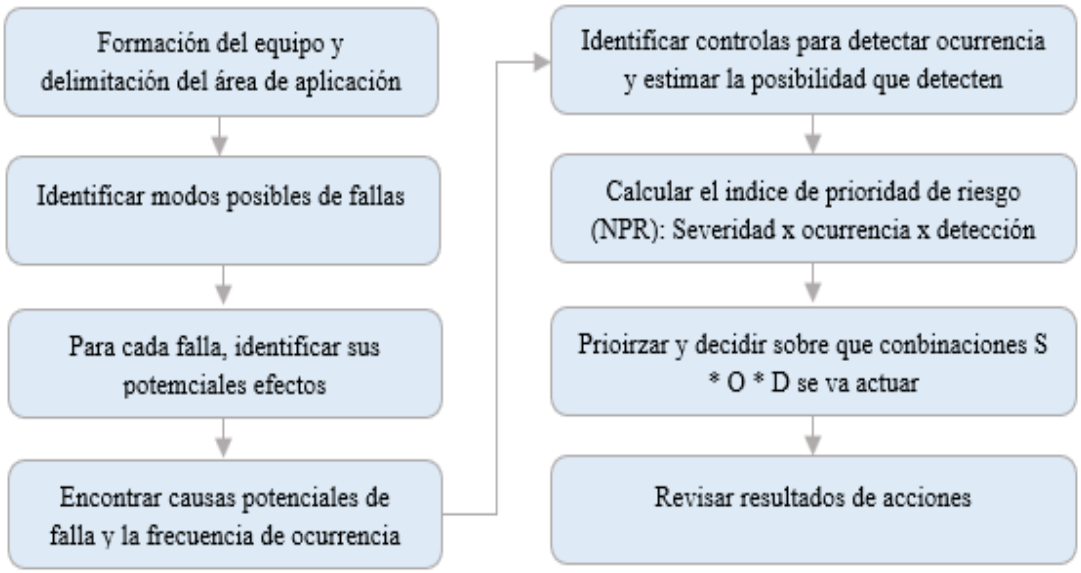


Figura 13. Herramientas para el desarrollo de AMEF [30]

Determinación del número de prioridad de riesgo (NPR)

El presente índice permite priorizar las acciones necesarias que se deben realizar para abordar los riesgos o problemas potenciales que más afectan a un proceso. El NPR se obtiene como resultado de la multiplicación de la severidad del impacto de la falla, por la ocurrencia y por la efectividad de los controles para detectar cada causa [30].

A continuación, en la Tabla 3 se exponen las acciones necesarias que se deben tomar dependiendo del valor de NPR.

Tabla 3. Nivel de riesgo [45]

NPR	ACCIONES NECESARIAS
1 a 124	Ninguna acción
1 a 499	Acción requerida
400 hasta 1000	Acción inmediata

Finalmente, para desarrollar la tercera etapa, es necesario seguir los pasos que se muestran en la Figura 14.

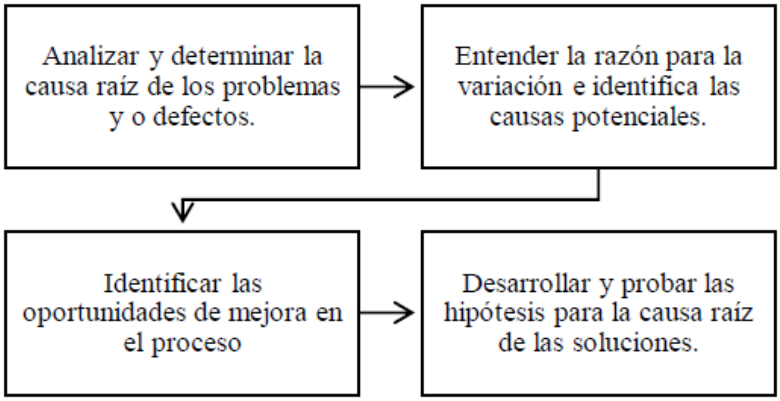


Figura 14. Pasos a seguir para el análisis como parte de las fases de DMAIC

d. Fase Mejorar

El siguiente paso, una vez se han analizado los datos es realizar una propuesta de mejora con la finalidad de brindar una solución eficiente al problema que afecta a la organización [38].

Esta etapa implica la implementación de los cambios o mejoras propuestos durante la fase anterior (Analizar), para lo cual, el grupo de trabajo debe evaluar la viabilidad de los cambios y determinar cómo llevarlos a cabo, tomando las decisiones pertinentes y correspondientes. Cabe recalcar que, para alcanzar los resultados propuestos, es necesario generar diversas alternativas que permitan solucionar los problemas que aborden las diversas causas identificadas, utilizado herramientas como lluvia de ideas, hojas de verificación, poka-yoke y desarrollo de experimentos [45]. Los pasos necesarios para desarrollar la presente fase se presenten en la Figura 15.

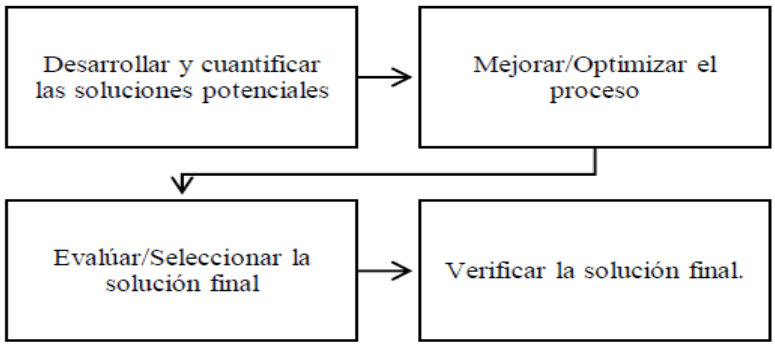


Figura 15. Pasos a seguir para el mejoramiento de los procesos [45]

e. Fase Controlar

En la última fase se definen procesos y procedimientos que permitan controlar las mejoras alcanzadas en la etapa anterior con el objetivo de que las mejoras obtenidas se mantengan durante el paso del tiempo en la organización hasta obtener mejoras continuas en estudios posteriores [38].

Por tal motivo es indispensable establecer acciones de control que permitan:

1. La prevención de los problemas presentes en el proceso para que no se repitan nuevamente [45].
2. Evitar que los conocimientos adquiridos referentes a las mejoras establecidas permanezcan siempre y no sean olvidadas [45].
3. Promover la mejora continua [45].

Algunas de las herramientas que comúnmente son utilizadas para la fase de control son las siguientes:

a) Estudios R&R [30].
b) Cartas de control.
c) Análisis de modo y efecto de fallas (actualizado).

A continuación, en la Figura 16 se establecen los pasos necesarios a seguir para completar de forma precisa esta etapa y finalizar las fases de DMAIC:

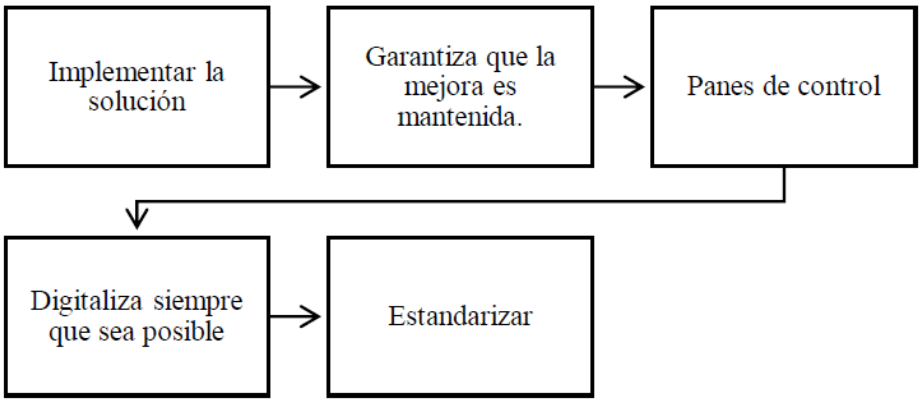


Figura 16. Pasos de la fase controlar [45]

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la variabilidad en los procesos productivos en la empresa de calzado Pool Sport mediante la metodología Six Sigma.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso de trabajo actual empleado en la fabricación de calzado en la empresa “POOL SPORT”
- Identificar las causas de variabilidad presente en el proceso de producción para la determinación de mejoras
- Plantear una propuesta de mejora que permita la reducción de la variabilidad en el proceso de producción de calzado deportivo a través de la metodología Six sigma

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para la presente investigación se hizo uso de los recursos que se exponen a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4. Materiales utilizados en el la investigación

Materiales	Descripción	Figura
Recursos físicos		
Computador	Instrumento tecnológico para transcribir datos y redactar de forma general la información recopilada.	
Teléfono móvil	Aparato tecnológico usado principalmente para registrar evidencia relacionada con videos, fotografías y grabaciones de entrevistas realizadas al personal operativo y jefe de producción.	
Flexómetro calibrado	Instrumento destinado a la medición de las instalaciones y de cada área de operación que forma parte de la planta de producción.	
Softwares y recursos web		
Word	Útil para el diseño y desarrollo del informe final, además de procesar el texto y la información recolectada	
Excel	Utilizado para el desarrollo de cálculos y procesamiento de los datos recolectados, además de facilitar la creación de los gráficos estadísticos.	
Zotero	Gestor que permite insertar referencias bibliográficas de forma libre.	
Bizagi	Software para elaborar los diagramas de flujo.	
AutoCAD	Se empleó pata el diseño del layout de la fábrica.	

Materiales	Descripción	Figura
Software y recursos web		
Minitab	Software utilizado principalmente para ejecutar cálculos estadísticos con la finalidad de obtener graficas de control de los procesos de la empresa.	
Navegador	Buscador que permite solventar dudas relacionadas con el tema de estudio.	
Biblioteca virtual UTA	Útil para buscar fuentes bibliográficas con información verídica sobre el tema investigado	
Repositorios universitarios	Utilizado para buscar y obtener información que permita justificar de forma técnica las actividades desarrolladas.	

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

Investigación bibliográfica documental

Se aplicó este tipo de investigación debido a que fue necesario indagar en documentos escritos como libros, artículos de revistas, tesis, etc., así como también de fuentes de internet con la finalidad de recopilar información técnica acerca de Six Sigma y sus fases de aplicación que será la base para el desarrollo del presente proyecto.

Investigación de campo

Se hizo uso de una investigación de campo debido que se desarrolló visitas constantes a toda la instalación que conforma la fábrica de calzado POOL SPORT con la finalidad de presenciar el ambiente de trabajo, los procesos productivos, mantener contacto con los trabajadores y recopilar información necesaria por medio de observaciones y evidencias fotográficas.

Investigación aplicada

Fue una investigación aplicada debido a que se utilizó cada conocimiento que fue adquirido durante el transcurso de toda la carrera, así como también del uso de

herramientas y técnicas facilitaron la obtención de resultados positivos para el incremento de la competitividad y productividad de la organización y brindar así posibles soluciones para el problema principal que afecta a la empresa como se muestra en la Figura 17.

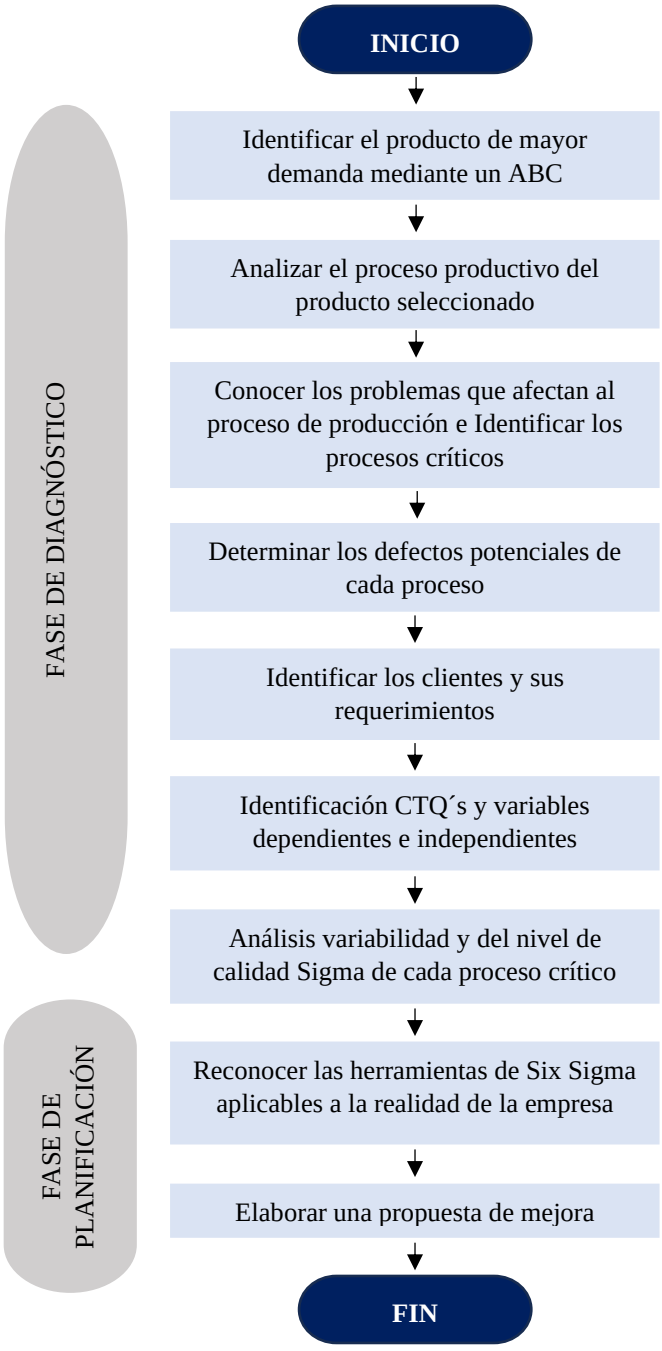


Figura 17. Metodología para la implementación de Six Sigma

2.2.2 Población y muestra

Debido a la naturaleza de la investigación no se determinó una población y muestra humana, sin embargo, se tomará en cuenta a clientes internos (9) y clientes externos (5). Además, se considera una muestra diaria del producto que se ha identificado como generador del mayor beneficio económico para la empresa, determinado mediante el método de muestreo aleatorio simple, procedimiento que se muestra en el Anexo H, para lo cual fue necesario recopilar los datos según la cantidad de zapatillas fabricadas durante un mes de observación que es el tiempo considerado para los análisis pertinentes del presente estudio.

2.2.3 Recolección de información

Para el desarrollo del trabajo investigativo se utilizaron las siguientes herramientas las cuales permitieron el cumplimiento de cada una de las actividades que facilitan la obtención de cada objetivo establecido.

En el primer objetivo enfocado en la caracterización del proceso productivo empleado en la fabricación de calzado deportivo se realizaron las siguientes actividades:

- Identificación de los productos ofertados en la empresa POOL SPORT.

- **Técnica:** observación directa, entrevista

- **Herramienta:** Matriz o tabla de productos

- Identificación del producto de mayor demanda el cual será objeto de estudio.

- **Técnica:** análisis de datos históricos, observación directa

- **Herramienta:** diagrama ABC

- Determinación de la serie que será analizada a partir del modelo de mayor demanda.

- **Técnica:** análisis de datos históricos, observación

- **Herramienta:** diagrama de barras

- Identificación y descripción del proceso productivo correspondiente a la serie y modelo reconocidos como los que aportan con mayores beneficios económicos para la empresa.

- **Técnica:** observación directa del proceso

- **Herramienta:** diagramas de flujo y sinóptico, cursograma analítico

- Identificación de los problemas presentes en el modelo de mayor demanda.

- **Técnica:** observación directa, entrevista

- **Herramienta:** matriz de defectos

- Identificación de los defectos más recurrentes

- **Técnica:** entrevista, observación directa

- **Herramienta:** diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, hojas de registros

Para el segundo objetivo sobre la identificación de las causas de variabilidad presente en el proceso de producción se realizaron las siguientes actividades:

- Reconocimiento de procesos críticos

- **Técnica:** observación directa, entrevista

- **Herramienta:** diagrama de Pareto

- Determinación de los defectos más recurrentes que afectan a los procesos críticos

- **Técnica:** análisis de datos, observación directa

- **Herramienta:** diagrama de Pareto

- Identificación del origen de los defectos más recurrentes presentes en los procesos críticos

- **Técnica:** análisis de datos, observación directa del proceso

- **Herramienta:** lluvia de ideas, diagrama causa – efecto y diagrama de Pareto

- Determinación de clientes internos y externos que forman parte de la empresa

- **Técnica:** entrevistas

- **Herramienta:** Voc, diagrama de Kano

- Identificación del Nivel de calidad Six Sigma

- **Técnica:** análisis de datos, observación directa

- **Herramienta:** cartas de control, índices de capacidad, nivel Sigma, ppm

- Análisis de las causas que originan el defecto potencial en cada proceso crítico (aparado y plantado)

- **Técnica:** análisis de datos, entrevistas

- **Herramienta:** lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa

- Determinación de los modos y efectos de fallas (AMEF)

- **Técnica:** análisis de datos

- **Herramienta:** matriz AMEF

Para el último objetivo sobre el planteamiento de una propuesta de mejora que permita la reducción de la variabilidad en el proceso de producción de calzado deportivo a través de la metodología Six Sigma, se tendrá que realizar las siguientes actividades:

- Desarrollo de alternativas de mejora

- **Técnica:** análisis de datos

- **Herramienta:** matriz de alternativas de mejora

- Determinación de la viabilidad de las mejoras propuestas

- **Técnica:** análisis de datos

- **Herramienta:** tabla de análisis de viabilidad

- Diseño de un plan de acción que permita mantener y controlar las propuestas de mejora planteadas.

- **Técnica:** análisis de contenido

- **Herramienta:** tabla de plan de acción

Desarrollo de la metodología Six Sigma

En la Tabla 5 se expone las herramientas a través de las cuales se recolecto la información en el desarrollo de cada una de las etapas de la metodología Six Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

Tabla 5. Fases y herraamientas de Six Sigma

Fase Six Sigma	Herramientas
Definir	• Diagrama de Pareto • Lluvia de ideas • Diagrama de Ishikawa • Diagrama de Kano • Diagrama SIPOC
Medir	• Hojas de verificación • Diagrama de Pareto • Carta de control “Np” • Estudios R&R
Analizar	• Diagrama de Ishikawa • Matriz AMEF • Esquema de recopilación de datos
Mejorar	• Planes de documentación y registro • Técnicas analíticas
Controlar	• Programa de control

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó las siguientes herramientas que permitieron el procesamiento y análisis de datos:

- **Microsoft Word:** software que permitió la documentación y almacenamiento de la información y datos recopilados durante las investigaciones realizadas tanto bibliográfico documental como de campo, mediante vistas y observaciones, además de la información obtenida en entrevistas y demás herramientas de análisis y procesamiento de datos.
- **Microsoft Excel:** herramienta útil para el registro, tratamiento y posterior análisis de los datos cuantitativos recolectados durante todas las investigaciones realizadas en la planta, además de ello permitió aplicar cálculos estadísticos los cuales facilitaran conocer aspectos cuantificables acerca de la variabilidad existente en el proceso.

- **Bizagi:** Este software fue útil para diseñar y modelar los diagramas de flujo pertenecientes a los procesos productivos que se manejan en la planta de producción en base a la información recopilada mediante la observación directa.

- **Minitab:** Se utilizó este software para el tratamiento y análisis de todos los datos cuantitativos recopilados en el mes de observación. Esto debido a que Minitab cuenta con funciones estadísticas completas las cuales facilitaron la obtención y comprensión de los gráficos relacionados con la variabilidad de los procesos permitiendo complementar la información obtenida mediante el software Excel.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Antecedentes generales

3.1.1 La empresa

POOL SPORT

POOL SPORT es una empresa del sector zapatero con una trayectoria de 14 años en el mercado nacional, especializada en la producción de calzado deportivo para damas, caballeros y niños, destacándose por sus estándares superiores de confort y comodidad. Con el tiempo, la empresa ha acumulado una sólida experiencia en la fabricación de zapatillas, incorporando constantemente ideas innovadoras que le han permiten a la organización lanzar nuevos modelos al mercado de forma periódica. Además, se ha comprometido en adoptar técnicas avanzadas para mantener su competitividad en el mercado

La empresa inició operaciones en el año 2010 y desde entonces se ha evidenciado un crecimiento significativo el cual se atribuye a la eficaz gestión de sus propietarios Raúl Moposita y Norma Gualpa. Su objetivo primordial es proporcionar calzado de alta calidad al mercado, además, la empresa se ha comprometido con la adopción continua de nuevas técnicas para mantener una posición participativa en los mercados competitivos actuales, bajo la dirección eficiente de sus propietarios.

Figura 18. Logotipo de la empresa

Ubicación de la empresa

La planta de producción de POOL SPORT está situada en Ambato, específicamente en el sector de Huachi Chico, Barrio Solís, sobre la avenida Atahualpa, entre las calles Ramón Salazar Carrera y Polivio Chávez, en donde se encuentran cada una de las áreas productivas que forman parte de la empresa.

En la Tabla 6 se expone de forma detallada la información relacionada con la ubicación de esta:

Tabla 6. Ubicación de la empresa POOL SPORT

UBICACIÓN DE LA EMPRESA	
POOL SPORT	
Datos	**Detalle**
Provincia	Tungurahua
Cantón	Ambato
Dirección	Avenida Atahualpa, entre Ramón Salazar Carrera y Polivio Chávez

Datos generales de la empresa

En la Tabla 7 se expone información importante que permite conocer de una mejor manera los aspectos más relevantes de la organización. Dicha información está relacionada con los datos generales del propietario y de la empresa, información que facilita la comprensión y entendimiento de factores como la actividad industrial a la que se dedica la fábrica POOL SPORT, razón social, nombre comercial y el RUC.

Tabla 7. Datos generales de la empresa POOL SPORT

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	
RAZÓN SOCIAL	Moposita Guaita Raúl Gonzalo
RUC	1802713253001
NOMBRE COMERCIAL	POOL SPORT
ACTIVIDAD	Producción de diversos tipos de calzado utilizando cualquier material y proceso, incluyendo el modelado y ensamblado de calzado
CONTACTOS	098 440 6917 - 032587634

Filosofía empresarial

Debido a que en la actualidad la empresa no cuenta con una filosofía empresarial, fue necesario desarrollar reuniones con los gerentes y propietarios de POOL SPORT con el propósito de llegar a un acuerdo y consentimiento activo para el desarrollo de la misión, políticas y visión de acuerdo con la actividad económica a la que se dedica la fábrica de calzado.

Una vez que se ha propuesto la filosofía, es importante mencionar que la misma se encuentre en consenso con todos los miembros que son parte de la organización para ser aprobada y socializada en las instalaciones de POOL SPORT.

Misión:

Producir calzado deportivo para damas, caballeros y niños, en conformidad con los estándares de calidad nacional. Estamos dedicados a cumplir con las necesidades y expectativas de nuestros clientes, además de mantener estándares de excelencia en cada etapa del proceso de fabricación desde la selección de materiales duraderos y sostenibles hasta la finalización del proceso de producción y distribución de cada par de zapatillas en nuestras instalaciones.

Visión:

Ser reconocidos a nivel mundial y nacional como líderes innovadores en la industria del calzado deportivo, esforzándonos por ser pioneros en la incorporación de tecnologías avanzadas y materiales sostenibles, mediante la incorporación al mercado de zapatillas que no solo sean reconocidas por su calidad y comodidad, sino también por su impacto positivo para la sociedad y para el medio ambiente.

Política de calidad

POOL SPORT es una fábrica dedicada a la elaboración de calzado deportivo bajo normas de calidad implementando recursos tecnológicos eficientes, brinda a sus clientes diferentes modelos de calzado tanto para damas, caballeros y niños cumpliendo con requerimientos y expectativas de calidad y seguridad.

Por lo que se compromete a:

- Satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.
- Perseguir siempre la mejora continua de servicios y productos conforme lo establecen los sistemas de gestión de calidad
- Cumplir con los requisitos legales y regulatorios vigentes
- Fomentar la participación de todos los miembros de la organización

3.1.2 Estructura organizacional

El organigrama estructural de la empresa POOL SPORT, proporcionó aspectos importantes relacionados con los niveles jerárquicos, líneas de actuación y responsabilidades de cada una de las áreas de trabajo presentes en la organización, permitiendo conocer e identificar de manera precisa las actividades que desempeñan cada uno de los operarios que forman parte importante para que se desarrollen las actividades con normalidad.

En la Figura 19 se detalla el organigrama empresarial:

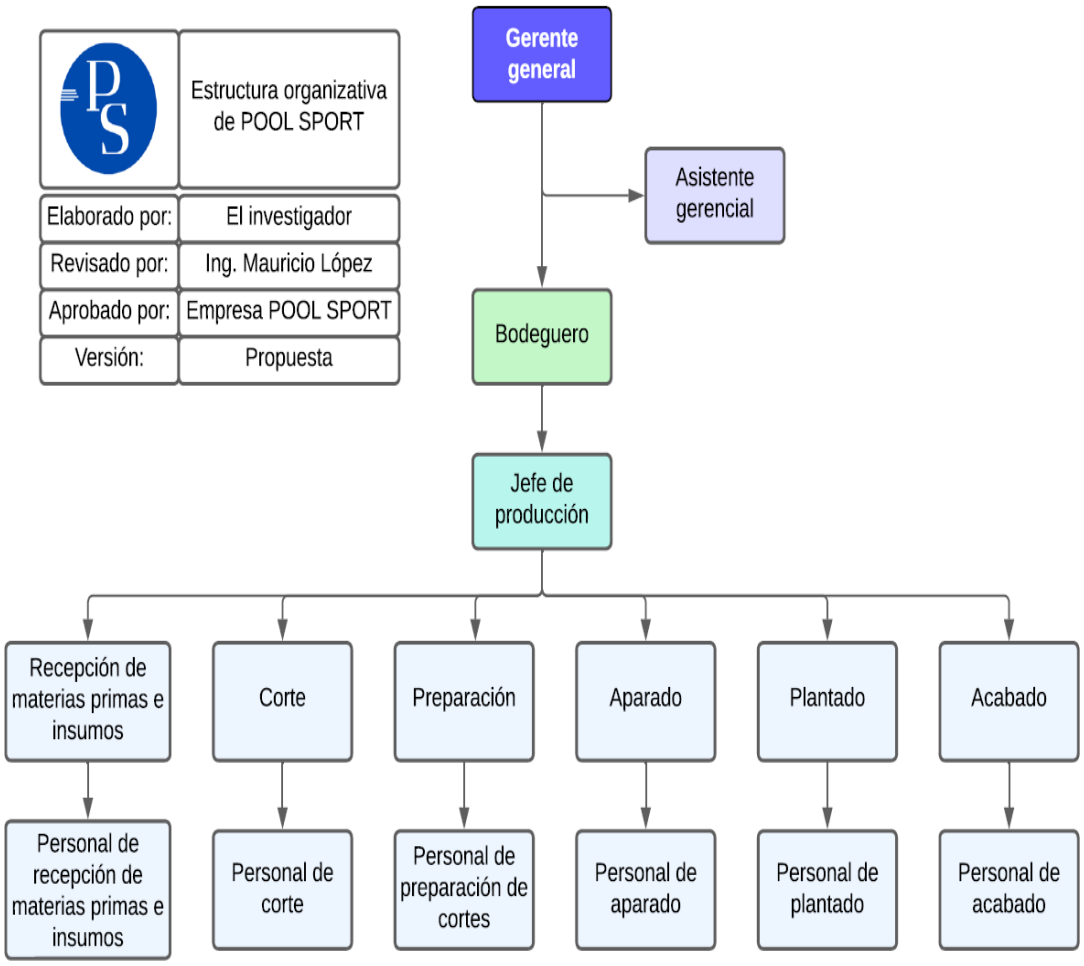


Figura 19. Estructura organizacional de la empresa POOL SPORT

3.1.3 Mapa de procesos

Para definir un Control de Calidad efectivo es necesario implementar formatos que faciliten la identificación de todas las actividades desarrollados en la empresa. En este sentido, se elaboró un mapa de procesos con el propósito de documentar todo el trabajo realizado en la organización para proporcionar una visión completa de cada una de las etapas desde que se realiza el corte de material hasta que se obtienen productos terminados, permitiendo gestionar y administrar de manera eficiente y eficaz cada una de las etapas desarrolladas de la planta. En la Figura 20 se resaltan los procesos estratégicos, operativos y de apoyo los cuales son esenciales para el funcionamiento apropiado de toda la planta, la interacción de cada uno de ellos permite que la empresa se desempeñe de forma oportuna ante la demanda del mercado competitivo.

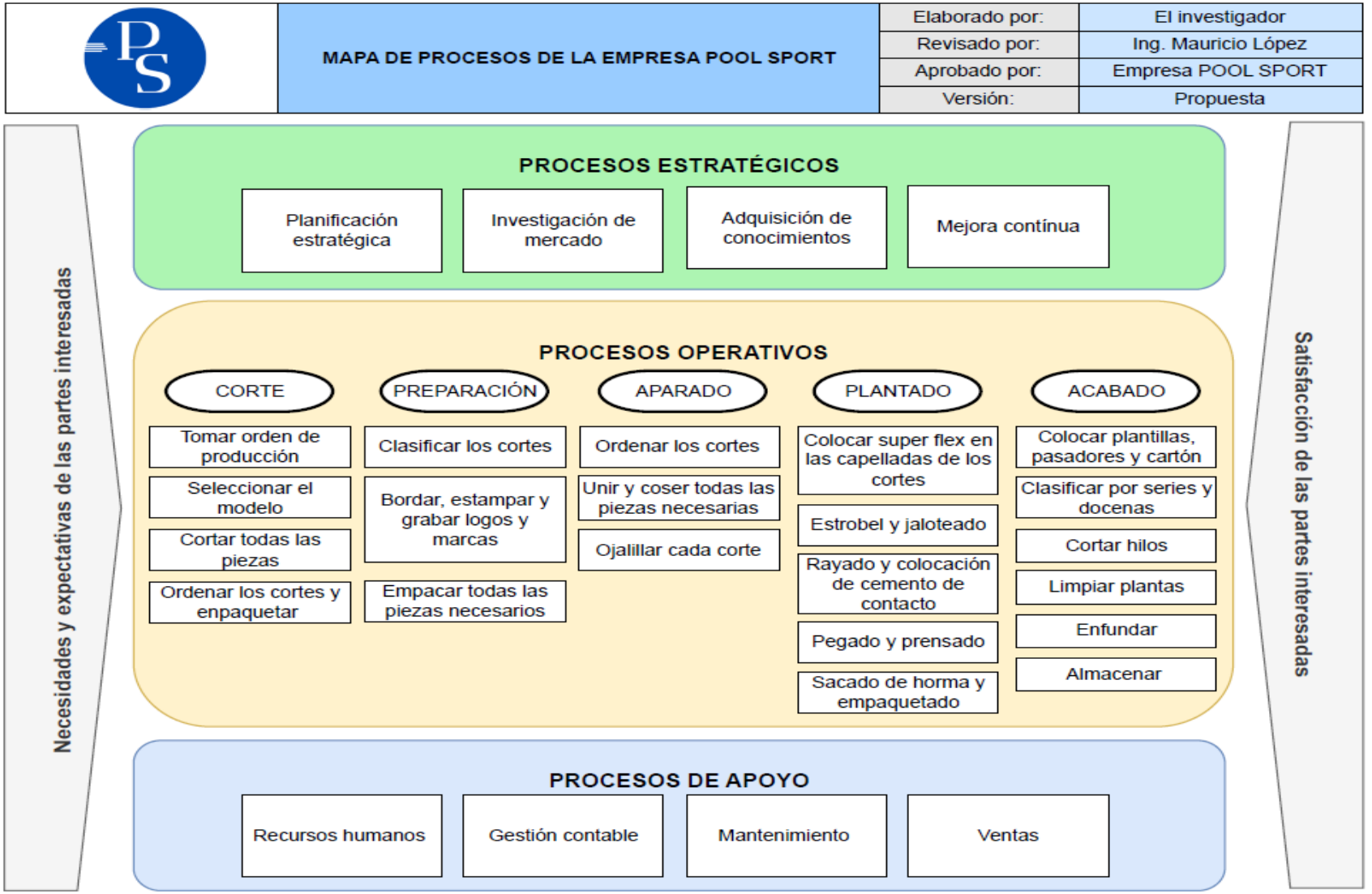


Figura 20. Mapa de procesos de POOL SPORT

Análisis e interpretación:

A continuación, se realiza una descripción completa de cada una de las operaciones presentes en el mapa de procesos que forman parte de la planta:

Procesos estratégicos

Son cada una de las actividades y decisiones clave que la empresa POOL SPORT lleva a cabo con la finalidad de conseguir y alcanzar sus objetivos propuestos a largo plazo. Estos procesos incluyen la planificación estratégica, investigación de mercado, adquisición de conocimientos y mejora continua.

Procesos operativos

Se trata de las operaciones diarias y específicas que realiza la organización para llevar a cabo la producción de calzado de manera eficiente, cada una contribuye al valor agregado del producto final. Estas actividades esenciales incluyen el corte de materiales, preparación de cortes, aparado, plantado y los acabados necesarios para posterior comercialización.

Procesos de apoyo

En este apartado se realizan todas las actividades que proporcionan el respaldo necesario a los procesos estratégicos y operativos de POOL SPORT para garantizar su desarrollo eficiente. En la empresa, estos procesos incluyen recursos humanos, gestión contable, mantenimiento y ventas.

3.1.4 Layout de la empresa

Reconocer cada una de las áreas destinadas para la producción y fabricación de calzado permite conocer la situación actual en la que se encuentran la planta, por esta razón es indispensable identificar las áreas a través de las cuales fluye el material desde que ingresa a bodega de materia prima hasta que sale el producto terminado. Con la finalidad de determinar las áreas sobre las cuales transita el material, en la Figura 21 se expone el layout actual de la empresa.

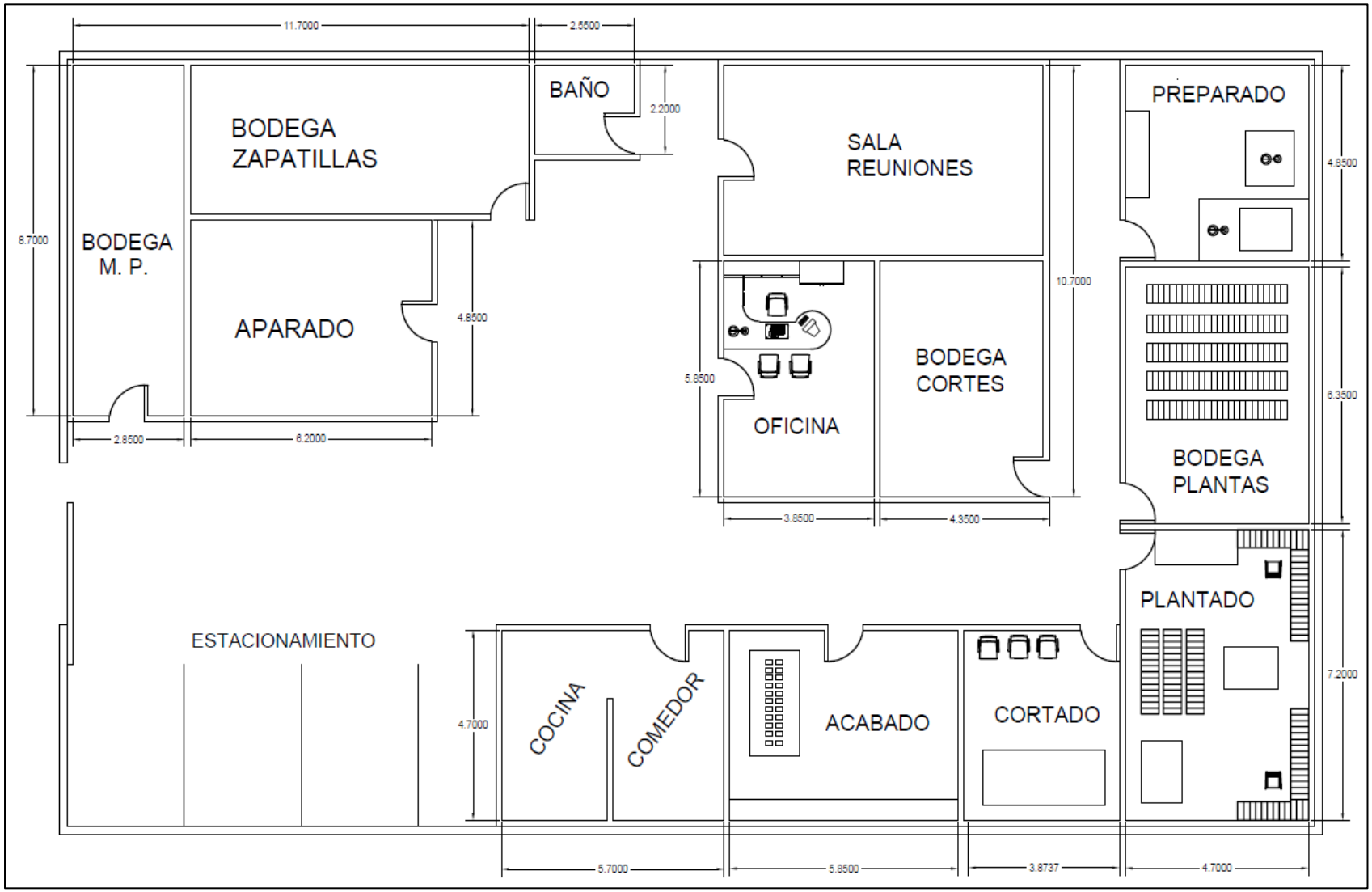


Figura 21. Layout de la empresa POOL SPORT

3.1.5 Productos ofertados por la empresa POOL SPORT

La organización produce día a día calzado deportivo para damas, caballeros y niños, para todos los gustos y colores adaptándose a las nuevas modas y tendencias actuales, para ello pone a disposición 21 modelos de zapatillas cada uno fabricado con telas y materiales nacionales e internacionales de calidad. En la Tabla 8 se presentan una lista completa de modelos y series fabricados en la planta.

Tabla 8. Productos ofertados por la empresa POOL SPORT

PRODUCTOS OFERTADOS		
MODELO	**SERIES**	**FIGURA**
Botín Air	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	
Air Retro 4 (mujer)	21-26	
	27-32	
	34-38	
Air Retro 4 (hombre)	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	
Pumas	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	
Pumas clásica (mujer)	21-26	
	27-32	
	34-38	

PRODUCTOS OFERTADOS		
MODELO	**SERIES**	**FIGURA**
Nv balance (unisex)	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-40	
Fashion 1	21-26	
	27-32	
	34-38i	
Nike clásica Air (unisex)	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	
Tommy Clásica	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	
Sport	34-38	
	39-40	
Adidas 7	34-38	
	39-42	
Pumas blancos	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	

PRODUCTOS OFERTADOS		
MODELOS	**SERIES**	**FIGURA**
Pumas clásica (hombre)	21-26	
	27-32	
	34-38	
	39-42	
Kiss 2	21-26	
	27-32	
Sport Flores	21-26	
	27-32	
Sport Flores y correas	21-26	
	27-32	
Bad Buny	21-26	
	27-32	
Mini sport	21-26	
	27-32	
Nike sport blanca	21-26	
	27-32	
Sport Plásticas (niña)	21-26	
	27-32	
Sport Plásticas (niño)	21-26	
	27-32	

3.1.6 Identificación del producto objeto de estudio

Análisis ABC

Con el objetivo de identificar el producto en el cual se centró el estudio, se implementó el uso y representación gráfica de un análisis ABC de los pares producidos en un periodo de julio – diciembre del 2023 para poder determinar cuales se encuentran categorizados en la zona A correspondiente a los productos que más beneficios aportan a la empresa. Mediante los datos pertinentes otorgados por la organización (historial de ventas y facturas) y posterior análisis, en la Tabla 9 se exponen el número de pares vendidos por serie y el número total de pares vendidos por modelo ofertado.

Tabla 9. Total ventas realizadas en el periodo de julio - diciembre de 2023

MODELO	SERIES	TOTAL PARES POR SERIE	TOTAL PARES POR MODELO
Botín Air negra	21-26	123	**424**
	27-32	137	
	34-38	92	
	39-42	72	
Air Retro 4 (mujer)	21-26	118	**329**
	27-32	106	
	34-38	105	
Air Retro 4 (hombre)	21-26	106	**398**
	27-32	99	
	34-38	114	
	39-42	79	
Pumas	21-26	110	**429**
	27-32	139	
	34-38	93	
	39-42	87	
Pumas clásica (mujer)	21-26	132	**346**
	27-32	119	
	34-38	95	
Nv balance (unisex)	21-26	239	**764**
	27-32	182	
	34-38	173	
	39-40	170	
Fashion 1	21-26	152	**406**
	27-32	140	
	34-38	114	

MODELO	SERIES	TOTAL PARES POR SERIE	TOTAL PARES POR MODELO
Nike clásica Air (unisex)	21-26	237	891
	27-32	220	
	34-38	201	
	39-42	233	
Tommy Clásica	21-26	113	434
	27-32	118	
	34-38	133	
	39-42	70	
Sport	34-38	118	214
	39-40	96	
Adidas 7	34-38	112	208
	39-42	96	
Pumas blanca	21-26	115	448
	27-32	114	
	34-38	91	
	39-42	128	
Pumas clásica (hombre)	21-26	112	350
	27-32	83	
	34-38	83	
	39-42	72	
Kiss 2	21-26	174	302
	27-32	128	
Sport Flores	21-26	230	386
	27-32	156	
Sport Flores y correas	21-26	1019	2011
	27-32	992	
Bad Buny	21-26	246	420
	27-32	174	
Mini sport	21-26	198	364
	27-32	166	
Nike sport blanca	21-26	226	385
	27-32	159	
Sport Plásticas (niña)	21-26	1330	2657
	27-32	1327	
Sport Plásticas (niño)	21-26	2434	4610
	27-32	2176	

Desde la perspectiva del total de unidades vendidas de primera mano se identifican algunos productos que poseen cantidades significativas de ventas en el último semestre del año 2023 como son Sport Plásticas de niño y niña con un total de 4610 y 2657 respectivamente, para corroborar esta información se realiza un análisis ABC que permita estratificar los datos y determinar aquel modelo que obtiene el mayor porcentaje de rentabilidad respecto a los demás modelos localizados en la zona A.

Con la información brindada por la empresa como costos por pares para cliente y con el número total de pares vendidos durante el segundo semestre del 2023 se determinan los costos totales por modelo tal como se expone en la Tabla 10.

Tabla 10. Costos totales por par vendidos

MODELO	TOTAL PARES	COSTO POR PAR	TOTAL
Sport Plásticas (niño)	4610	$ 6,50	$ 29.965,00
Sport Plásticas (niña)	2657	$ 6,50	$ 17.270,50
Sport Flores y correas	2011	$ 6,50	$ 13.071,50
Nike clásica Air (unisex)	891	$ 6,50	$ 5.791,50
Nv balance (unisex)	764	$ 6,50	$ 4.966,00
Pumas blanca	448	$ 6,50	$ 2.912,00
Tommy Clásica	434	$ 6,50	$ 2.821,00
Pumas	429	$ 6,50	$ 2.788,50
Botín Air negra	424	$ 6,50	$ 2.756,00
Bad Buny	420	$ 6,50	$ 2.730,00
Fashion 1	406	$ 6,50	$ 2.639,00
Air Retro 4 (hombre)	398	$ 6,50	$ 2.587,00
Sport Flores	386	$ 6,50	$ 2.509,00
Nike sport blanca	385	$ 6,50	$ 2.502,50
Mini sport	364	$ 6,50	$ 2.366,00
Sport clásico (hombre)	350	$ 6,50	$ 2.275,00
Pumas clásica (mujer)	346	$ 6,50	$ 2.249,00
Air Retro 4 (mujer)	329	$ 6,50	$ 2.138,50
Kiss 2	302	$ 6,50	$ 1.963,00
Sport	214	$ 6,50	$ 1.391,00
Adidas 7	208	$ 6,50	$ 1.352,00
TOTAL	16776	$ 136,50	$ 109.044,00

De la presente tabla se evidencia de forma mucho más precisa que los productos que poseen cantidades significativas de rentabilidad para la empresa son Sport Plásticas para niño y niña con una valorización de $ 29.965,00 y $ 17.270,50 respectivamente.

Mediante la Ecuación 1 se procede a determinar el % de participación de cada producto que viene dada por la relación entre los costos totales por modelo respecto al costo total de la empresa.

$$\% \, participación = \frac{29965{,}00}{109044{,}00} * 100$$

$$\% \, participación = 27{,}5 \, \%$$

Posteriormente se procede a determinar el porcentaje de participación acumulado, expuesto detalladamente en la Tabla 11.

$$\% \, participación = 0\% + 27{,}5\%$$

$$\% \, participación = 27{,}5\%$$

Tabla 11. Porcentaje de participación acumulado y su clasificación

MODELO	TOTAL PARES	COSTO POR PAR	TOTAL	% PART	% PART. ACUM.	ZONA
Sport Plásticas (niño)	4610	$6,50	$29.965,50	27,5%	**27,5%**	**A**
Sport Plásticas (niña)	2657	$6,50	$17.270,50	15,8%	**43,3%**	**A**
Sport Flores y correas	2011	$6,50	$13.071,50	12,0%	**55,3%**	**A**
Nike clásica Air (unisex)	891	$6,50	$5.791,50	5,3%	**60,6%**	**A**
Nv balance (unisex)	764	$6,50	$4.966,00	4,6%	**65,2%**	**A**
Pumas blanca	448	$6,50	$2.912,00	2,7%	**67,8%**	**A**
Tommy Clásica	434	$6,50	$2.821,00	2,6%	**70,4%**	**A**
Pumas	429	$6,50	$2.788,50	2,6%	**73,0%**	**A**
Botín Air negra	424	$6,50	$2.756,00	2,5%	**75,5%**	**A**
Bad Buny	420	$6,50	$2.730,00	2,5%	**78,0%**	**A**

MODELO	TOTAL PARES	COSTO POR PAR	TOTAL	% PART.	% PART. ACUM.	ZONA
Fashion 1	406	$6,50	$2.639,00	2,4%	**80,4%**	**B**
Air Retro 4 (hombre)	398	$6,50	$2.587,00	2,4%	**82,8%**	**B**
Sport Flores	386	$6,50	$2.509,00	2,3%	**85,1%**	**B**
Nike sport blanca	385	$6,50	$2.502,50	2,3%	**87,4%**	**B**
Mini sport	364	$6,50	$2.366,00	2,2%	**89,6%**	**B**
Pumas clásica (hombre)	350	$6,50	$2.275,00	2,1%	**91,7%**	**B**
Pumas clásica (mujer)	346	$6,50	$2.249,00	2,1%	**93,7%**	**B**
Air Retro 4 (mujer)	329	$6,50	$2.138,50	2,0%	**95,7%**	**C**
Kiss 2	302	$6,50	$1.963,00	1,8%	**97,5%**	**C**
Sport	214	$6,50	$1.391,00	1,3%	**98,8%**	**C**
Adidas 7	208	$6,50	$1.325,00	1,2%	**100%**	**C**
TOTAL	16776	$136,50	$109.044,00	100%		

A continuación, en la Tabla 12 se expone los datos de forma resumida acerca del análisis mediante la implementación del criterio de 80%, 15% y 5%, donde también se establecen los valores en porcentaje de participación para cada categoría.

Tabla 12. Resumen del análisis ABC

Consumo	Zona	N° de modelos	% Part.	% Part. Acum.
0% - 80%	A	10	78,0%	78,0%
80,1% - 95%	B	7	15,7%	93,7%
95,1% - 100%	C	4	6,3%	100,0%
TOTAL		21	100,0%	

Mediante los datos recolectados, en la Figura 22 se desarrolla la representación gráfica de cada uno de los modelos que fabrica la empresa actualmente y los porcentajes de participación de cada uno de ellos. Con esta información se determinó los productos que aportan con la mayor cantidad de beneficios para la organización

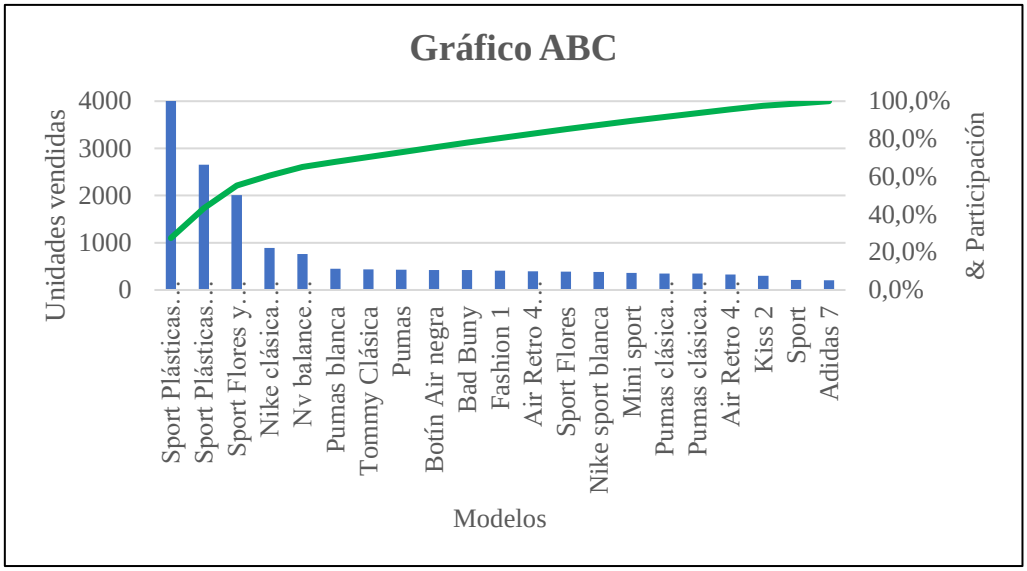


Figura 22. Gráfico ABC (productos de mayor demanda)

Interpretación:

A través del análisis del gráfico y de la clasificación ABC expuestos en la Tabla 11 y en la Figura 22, además de los porcentajes de consumo de cada categoría expuestos en la Tabla 12, y considerando como factor principal las ventas del segundo semestre del año 2023, se determinó que los productos Sport Plásticas (niño), Sport Plásticas (niña), Sport Flores y correas, Nike clásica Air (unisex), Nv balance (unisex), Pumas blanca, Tommy Clásica, Pumas, Botín Air negra y Bad Buny se encuentran en la zona A con un porcentaje del 78% de consumo, la zona B con un porcentaje del 15,7% y la zona C con 6,3%.El presente estudio se centró en los dos primeros modelos de la zona A expuestos en la Tabla 10 debido a que son los que presentan un mayor porcentaje de consumo dentro de dicha zona.

Serie y modelo de mayor demanda

A través de la aplicación previa del análisis ABC, se identificó que los modelos de mayor consumo son "Sport Plásticas (niño)" y "Sport Plásticas (niña)". Este resultado evidenció una preferencia por calzado deportivo destinado a niños entre los clientes actuales de la fábrica. Es importante señalar que se ha observado que las zapatillas poseen características visuales distintivas, como luces LED de colores incorporadas en las suelas, lo que sugiere que estas adiciones contribuyen a que el calzado sea más atractivo para el público infantil.

Con la finalidad de dirigir el presente estudio a un solo modelo y serie, se realizó un estudio en base a la cantidad de pares fabricados en un periodo de julio – diciembre de 2023. En la Tabla 13 se exponen la cantidad de pares producidos por serie:

Tabla 13. Clasificación de pares mas vendidos por modelo y serie

CLASIFICACIÓN PARES VENDIDOS POR SERIE			
N°	**MODELOS**	**SERIES**	**Pares fabricados**
1	**Sport Plásticas (niño)**	**21-26**	2434
		27-32	2176
2	**Sport Plásticas (niña)**	**21-26**	1330
		27-32	1327
	TOTAL		7267

De la anterior tabla se observa que del total de pares fabricados en el modelo Sport Plásticas (niño) durante el último semestre del año pasado fue de 2434 y 2176 para las series 21–26 y 27–32 respectivamente, mientras que para Sport Plásticas (niña) fue de 1330 y 1327 para las series 21-26 y 27-32 respectivamente, dejando un total de 7267 pares totales fabricados.

En la Figura 23 se ilustra de mejor manera el modelo de mayor producción, así como también la serie de mayor comercialización para la empresa POOL SPORT.

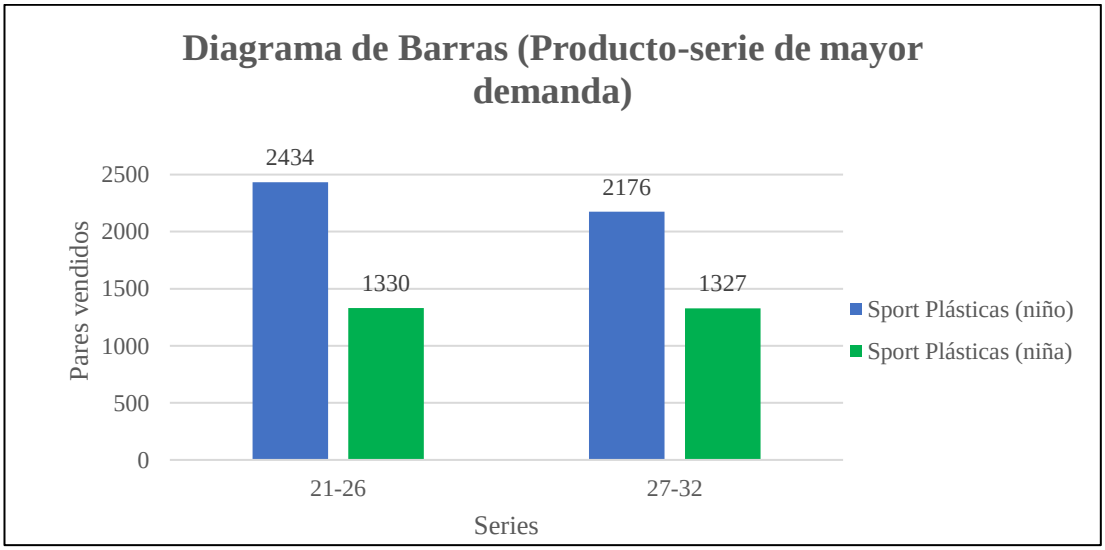


Figura 23. Diagrama de barras del modelo y serie de mayor demanda

Sport plásticos (niños) es el modelo seleccionado juntamente con la serie del 21 al 26 considerándolos como los productos que se producen en mayor cantidad en el área operativa de la empresa con cantidades de 2434 pares durante el último semestre de 2023.

3.1.7 Información general del producto de mayor rentabilidad

Después de realizar los análisis correspondientes utilizando gráficas ABC y diagramas de barras y determinado que el producto bajo estudio se limita exclusivamente al segmento de calzado para niños, en la Tabla 14 se describe de forma detallada el producto a fin de exponer las características específicas del modelo.

Tabla 14. Información general (producto objeto de estudio)

MODELO	TALLAS DISPONIBLES	DETALLES	FIGURA
Sport Plásticas (niño)	- 21 - 22 - 23 - 24 - 25 - 26	Calzado deportivo en varios colores, viene integrado en las plantas luces de colores, estampes de todos los super héroes.	

3.1.8 Descripción del proceso productivo

La finalidad del proceso operativo es la transformación de aspectos como insumos, materia prima y recursos en producto terminado que cumplan con los estándares de calidad requeridos por los clientes. En consecuencia, la empresa ha realizado inversiones significativas en áreas clave, como la mejora de los métodos de trabajo en la planta a fin de garantizar productos con altos niveles de calidad. Además, se han enfocado en la adquisición de materiales de calidad y en el desarrollo de un equipo humano altamente experimentado en todas las áreas operativas, sin embargo, se ha observado la ocurrencia de ciertos problemas en toda la línea de producción. Por esta razón, es fundamental establecer el método actual de trabajo en la empresa para facilitar la identificación de posibles problemas que puedan surgir en la planta durante el funcionamiento en condiciones normales.

Las áreas y métodos que forman parte de la planta se describen a continuación:

1. **Bodega**

Es el lugar en donde se encuentra almacenados todos los insumos necesarios para la fabricación, que incluyen cueros, plantillas, ojalillos, forros, hilos, cuerinas, pegas, brochas, cemento de contacto, cartón, entre otros, como se expone en la Figura 24.

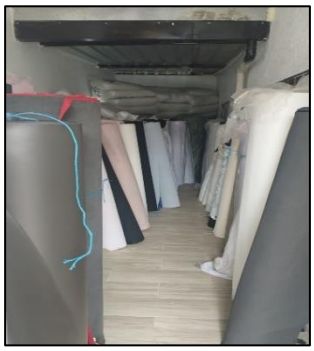


Figura 24. Bodega de materia prima en la empresa POOL SPORT

2. **Corte de piezas**

- **Corte de cuero**

En esta área se seleccionan los moldes conforme a los modelos y series especificados en la orden de producción. Es importante destacar que actualmente se encuentran trabajando dos personas las cuales abastecen a toda la fábrica. En la Figura 25 se expone la selección del molde correspondiente a las series requeridas por el cliente.



Figura 25. Corte de cuero

- **Corte de plantillas**

En esta sección se realiza el corte de plantillas mediante una máquina troqueladora como se muestra en la Figura 26. Esta máquina cuenta con moldes de plantillas correspondientes a todas las series necesarias, las cuales serán posteriormente utilizadas en el proceso de acabado.

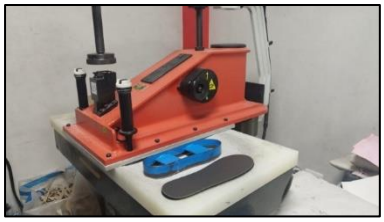


Figura 26. Troquelado de plantillas

- **Corte de cartón**

En esta sección se lleva a cabo el corte de piezas de cartón como se expone en la Figura 27. Estas piezas se utilizarán para reforzar la parte superior de la zapatilla, específicamente en la capellada la cual es colocada durante el proceso de acabado

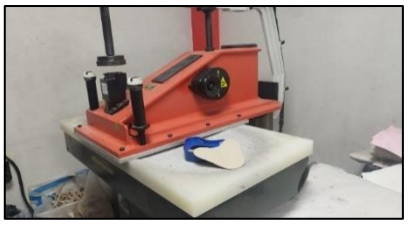


Figura 27. Troqueladora para cartón

3. Preparado

- **Bordado de piezas**

Las piezas cortadas y posteriormente agrupadas por docenas en el proceso anterior llegan a la etapa de preparación como se muestra en la Figura 28. Aquí se seleccionan únicamente las partes que requiere de bordado de logos y marcas. Además, es importante señalar que también se realiza el estampado de cortes de acuerdo con el modelo especificado en la orden de producción.



Figura 28. Bordado y estampado de logos y marcas

- **Estampado de etiquetas**

  En esta sección se realiza exclusivamente el estampado de etiquetas con las marcas correspondientes a los modelos requeridos. En la Figura 29 se muestra la estantería con las etiquetas estampadas las cuales se secan a temperatura ambiente.

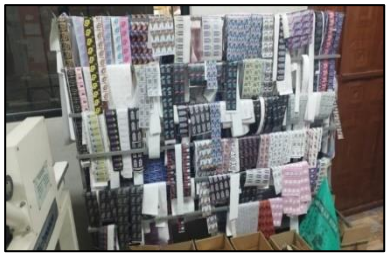


Figura 29. Estampado de etiquetas

- **Grabado**

  En esta área se realiza el grabado de logos en los cortes a través de una máquina prensadora como se muestra en la Figura 30, la cual está equipada con moldes de acero que contienen los nombres correspondientes a cada modelo.



Figura 30. Grabado de logos y marcas

- **Preparación de piezas para aparado**

Una vez que las piezas han sido cortadas, bordadas y estampadas se procede a prepararlas por docenas, verificando que todos los componentes necesarios estén completos para enfundarlos y ser trasladados al área de aparado, como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Preparado de cortes

4. Aparado

- **Ordenar de piezas por modelos y series**

En esta área, se lleva a cabo la extracción de los cortes de las fundas, organizándolos por grupos de piezas y series, esto a fin de optimizar y facilitar el proceso de aparado hasta la conformación de la zapatilla completa tal como se muestra en la Figura 32.



Figura 32. Cortes ordenados y pariados

- **Unión de piezas**

En esta sección, disponen de 4 máquinas las cuáles son las encargadas de unir todas las partes que conforman las zapatillas como se expone en la Figura 33.



Figura 33. Unión y aparado de piezas

- **Ojalillado**

En sección se verifica que las zapatillas estén ordenadas por docenas para realizar el ojalillado, el cual consiste en introducir troqueles redondeados en forma de ojales para pasadores como se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Ojalillado de cortes

5. Bodega para zapatillas aparadas

En esta área se coloca las docenas de zapatillas aparadas en una bodega para posteriormente trasladarlas al área de plantado. Es importante mencionar que los plantadores deben trasladarse hacia estos almacenes para seleccionar las docenas con más prioridad y transportarlas al área de plantado tal como se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Bodega para cortes aparados

6. Preparación para plantado

- **Adición de super Flex**

  En esta sección, los operarios aplican pegamento químico denominado super Flex con el propósito de fortalecer las capelladas y talones logrando así que adquieran la forma redondeada peculiar del calzado tal como se expone en la Figura 36.



Figura 36. Cortes con super flex en las capelladas

- **Estrobel**

  En esta área, los cortes son introducidos en una máquina llamada estrobel, donde se realiza una costura en la parte inferior de la zapatilla para mejorar la adherencia del corte a la suela, esta acción facilita al momento de colocar las plantas, posteriormente, se introduce la horma en el corte y se jaretea mediante una máquina, lo que permite que la zapatilla adquiera su forma final tal como se muestra en la Figura 37.



Figura 37. Cortes en la máquina estrobel

7. Plantado

- **Rayado**

En este proceso, tal como se muestra en la Figura 38 se efectúa un trazado a lápiz por todo el contorno inferior de la zapatilla, delimitando el área donde se ubicará la suela. Esto se realiza con el fin de evitar la aplicación de pegamento en áreas donde las suelas no alcanzarán.



Figura 38. Rayado de la forma de la planta en la zapatillas

- **Preparado de suela o planta**

Esta sección consiste en seleccionar la suela de acuerdo con el modelo proveniente de la orden de producción para posteriormente colocar los aditivos necesarios en todo el contorno de esta, tal como se expone en la Figura 39.



Figura 39. Preparación de suela o planta

- **Preparación del corte**

En esta sección se coloca aditivos y pegamento en toda la base del corte utilizando una brocha. La Figura 40 muestra como el operador añade pegamento en toda la planta de la zapatilla, preparándola para ser ensamblada.



Figura 40. Adición de pegamento en la planta de la zapatilla

- **Plantado**

En esta área, se coloca las suelas y las zapatillas en el interior de la reactivadora de pegamento durante un periodo de 2 minutos representados en la Figura 41, esto con el propósito activar el pegamento colocado en etapas anteriores y asegurar una unión sólida al momento de unir las dos piezas.



Figura 41. Plantado del calzado

- **Enfriamiento**

En esta área, las zapatillas se disponen en estanterías para su enfriamiento, asegurando la correcta unión entre la suela y el corte. En la Figura 42 se muestra a las zapatillas secándose después de ser unidas o plantadas.



Figura 42. Enfriamiento de las zapatillas en las hormas

- **Prensado**

Posteriormente se coloca la zapatilla plantada en el interior de la máquina prensadora con el propósito de ejercer presión alrededor de todo el producto, consiguiendo que los materiales se adhieran de mejor forma. En la Figura 43 se muestra la forma en la que se colocan las zapatillas en el interior de la máquina.



Figura 43. Prensado de zapatillas

- **Sacado de hormas**

Una vez transcurrido el tiempo requerido, los plantadores se encargan de sacar las hormas del interior de las zapatillas para acomodarlas en gavetas con el propósito de facilitar el transporte hacia el área de acabado. En la Figura 44 se expone las zapatillas en el interior de las gavetas.



Figura 44. Sacado de hormas

8. Acabado

- **Colocación de plantillas**

En esta sección, las operarias se encargan de sacar las zapatillas de las gavetas y acomodarlas sobre las mesas para facilitar la colocación de plantillas de acuerdo con el color requerido, esta acción se muestra en la Figura 45.



Figura 45. Colocación de plantillas

- **Colocación de pasadores**

En esta parte, una vez que las plantillas fueron colocadas en todas las docenas de zapatillas las operarias se encargan de los pasadores en cada uno de los ojales, esta acción se expone en la Figura 46.



Figura 46. Colocación de pasadores

- **Colocación de cartón**

Una vez colocados los pasadores, las operarias introducen la pieza de cartón cortada anteriormente debajo de la capellada tal como se muestra en la Figura 47, permitiendo de esta forma que las zapatillas no pierdan su forma en procesos posteriores.



Figura 47. Colocación de cartón en el interior de las zapatillas

- **Clasificado**

  En esta área, las operarias clasifican las docenas por series y pares debido a que las zapatillas vienen de los procesos anteriores desordenadas, a continuación, se muestra en la Figura 48.



Figura 48. Clasificado de cortes por docenas y pares

- **Colocación de series**

  Una vez que las docenas están clasificadas por series, dependiendo del modelo, se colocan las etiquetas con los números o series de la siguiente forma: desde el 21-26, 27-32, 34-38, 39-42, a continuación, se representa en la Figura 49.



Figura 49. Colocación de series

- **Corte de hilos**

En este punto se dan los últimos detalles los cuales consta de revisar una por una las zapatillas tal como se muestra en la Figura 50, esto con la finalidad de cortar los hilos restantes que muchas veces vienen desde el proceso de aparado.



Figura 50. Corte de hilos

- **Limpieza de plantas**

Se realiza una limpieza general de toda la planta para evitar que esta sea empacada con algún tipo de mancha o impureza proveniente de los procesos anteriores. En la Figura 51 se muestra la manera en la que se limpian una por una las plantas de las zapatillas.



Figura 51. Limpieza de plantas

9. Embalaje

En esta parte del proceso, las zapatillas son enfundadas y empacadas en gavetas las cuales permiten ser transportadas a la bodega, a continuación, se muestra en la Figura 52.



Figura 52. Embalaje y empadado de zapatillas

10. Almacenado

Finalmente, las docenas son colocadas en las estanterías que se encuentran en el interior de las bodegas. En la Figura 53 se muestra como la forma en la que las zapatillas son acomodades por docenas hasta que sean comercializadas.



Figura 53. Bodega para zapatillas terminadas

Características generales del proceso

Con la finalidad de entender, analizar y mejorar cómo se están llevando a cabo las actividades dentro de la planta, el número de personas que se desempeñan en una determinada área, su jornada laboral, su género y su codificación, a continuación se detalla dichos aspectos y características generales de cada uno de los procesos que forman parte del área operativa, los cuales influyen de manera directa en la ejecución de las operaciones desde que la materia prima es ingresada hacia las bodegas hasta que se obtiene un producto final.

En la Tabla 15 se describe el número de operadores por área de trabajo:

Tabla 15. Número de operadores por área de trabajo

POOL SPORT					
Personal del proceso productivo					
Área	**Descripción**	**Cantidad**	**Codificación**	**Género**	**Jornada**
Recepción materia prima	Operador de bodega	1	OARM01	Masculino	8:00 – 18:00
Corte	Operador de corte	3	OAC01	Masculino	8:00 – 18:00
			OAC02	Masculino	8:00 – 18:00
			OAC03	Masculino	8:00 – 18:00
Preparado	Operador de preparado	1	OAPR01	Masculino	8:00 – 18:00
Aparado	Operador de aparado	3	OAA01	Femenino	8:00 – 18:00
			OAA02	Femenino	8:00 – 18:00
			OAA03	Femenino	8:00 – 18:00
Plantado	Operador de plantado	3	OAP01	Masculino	8:00 – 18:00
			OAP02	Masculino	8:00 – 18:00
			OAP02	Masculino	8:00 – 18:00
Acabado	Operador del área de acabado	2	OAA01	Femenino	8:00 – 18:00
			0AA02	Femenino	8:00 – 18:00

3.1.9 Diagramas de operaciones

Para iniciar el análisis del proceso productivo de manera efectiva, se recomienda utilizar gráficas que empleen símbolos estandarizados, lo que facilita la representación visual de la información. Estos símbolos estandarizados permiten llevar a cabo un estudio detallado y sistemático de cada una de las actividades que se manejan en la planta productiva de POOL SPORT. Al adoptar este enfoque gráfico, se promueve la claridad y la consistencia en la representación de las operaciones y relaciones dentro del proceso, lo que resulta fundamental para una comprensión precisa y exhaustiva de su funcionamiento.

a. Cursograma analítico

Se desarrolla los cursogramas analíticos con la finalidad de analizar en detalle el proceso, descomponiéndolo en sus componentes más pequeños y mostrando cómo interactúan entre sí. En la Tabla 16 se expone gráficamente cada una de las operaciones, transportes, esperas, inspecciones y almacenamientos llevados a cabo diariamente en la planta de producción, en el proceso de cortado.

Tabla 16. Cursograma analítico - cortado

	POOL SPORT									
CURSOGRAMA ANALÍTICO										
Diagrama N°	1	Hoja N°	2/6	RESUMEN						
Fecha	18/marzo/2024			SIMBOLO		ACTTIVIDAD	ACTUAL			
Proceso	Cortado			●		Operación	12			
Producto	Plásticas Sport (niño)			⇨		Transporte	2			
Método	~~Actual~~ / Propuesto			■		Inspección	1			
Lugar	Planta de producción			D		Espera	0			
Elaborado por	El investigador			▼		Almacenaje	0			
Revisado por	Ing. Mauricio López			Total actividades realizadas			15			
Aprobado por	Raúl Moposita			Distancia total en metros			35,6			
Descripción del proceso		# Actividad	Dista. (m)	Símbolo						
				●	⇨	■	D	▼		
Transportar materia prima hacia el área de cortado		2	30,3							
Revisión de la materia prima		2								
Acomodar el cuero en la mesa		2								
Buscar moldes		3	2							
Seleccionar moles		4								
Acomodar los moldes encima del cuero		5								
Buscar herramientas de corte		6	1,5							
Seleccionar herramienta de corte		7								
Cortar (capelladas, talones, lengüetas, etc)		8								
Colocar piezas en la mesa de trabajo		9								
Contar las piezas al final del corte		10								
Buscar señalador de cuero		11	1,8							
Señalar los cortes con sus respectivas series		12								
Colocar en las fundas para transporte		13								
Transportar hacia el área de preparado		3								
TOTAL			35,6	12		2	1	0	0	

Cabe mencionar que en el Anexo P se encuentran detallados los diagramas de flujo pertenecientes a todos los procesos que incluye recepción de materia prima, preparado, aparado, plantado y acabado.

Resumen de los cursogramas analíticos pertenecientes a los procesos productivos.

A continuación, en la Tabla 17 se expone un resumen acerca del total de actividades realizadas y la distancia recorrida en cada uno de los procesos de producción que se maneja en POOL SPORT.

Tabla 17. Resumen de los cursogramas analíticos

Símbolo	Actividad	PROCESOS					
		Recepción	Corte	Preparación	Aparado	Plantado	Acabado
	Operación	1	12	19	25	20	10
	Transporte	1	2	3	3	5	1
	Inspección	1	1	2	1	0	1
	Espera	0	0	0	0	2	0
	Almacenaje	1	0	1	1	0	1
TOTAL		**5**	**15**	**24**	**30**	**27**	**13**
Total actividades realizadas						114	
Distancia total en metros						98,2	

Análisis e interpretación

Una vez que se han obtenido los cursogramas, se observa que dentro de los procesos productivos se maneja un total de 114 actividades de las cuales están distribuidas en operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos. Además de ello se observó que la distancia total recorrida es de un total de 98,2 metros distribuidos en los 6 procesos

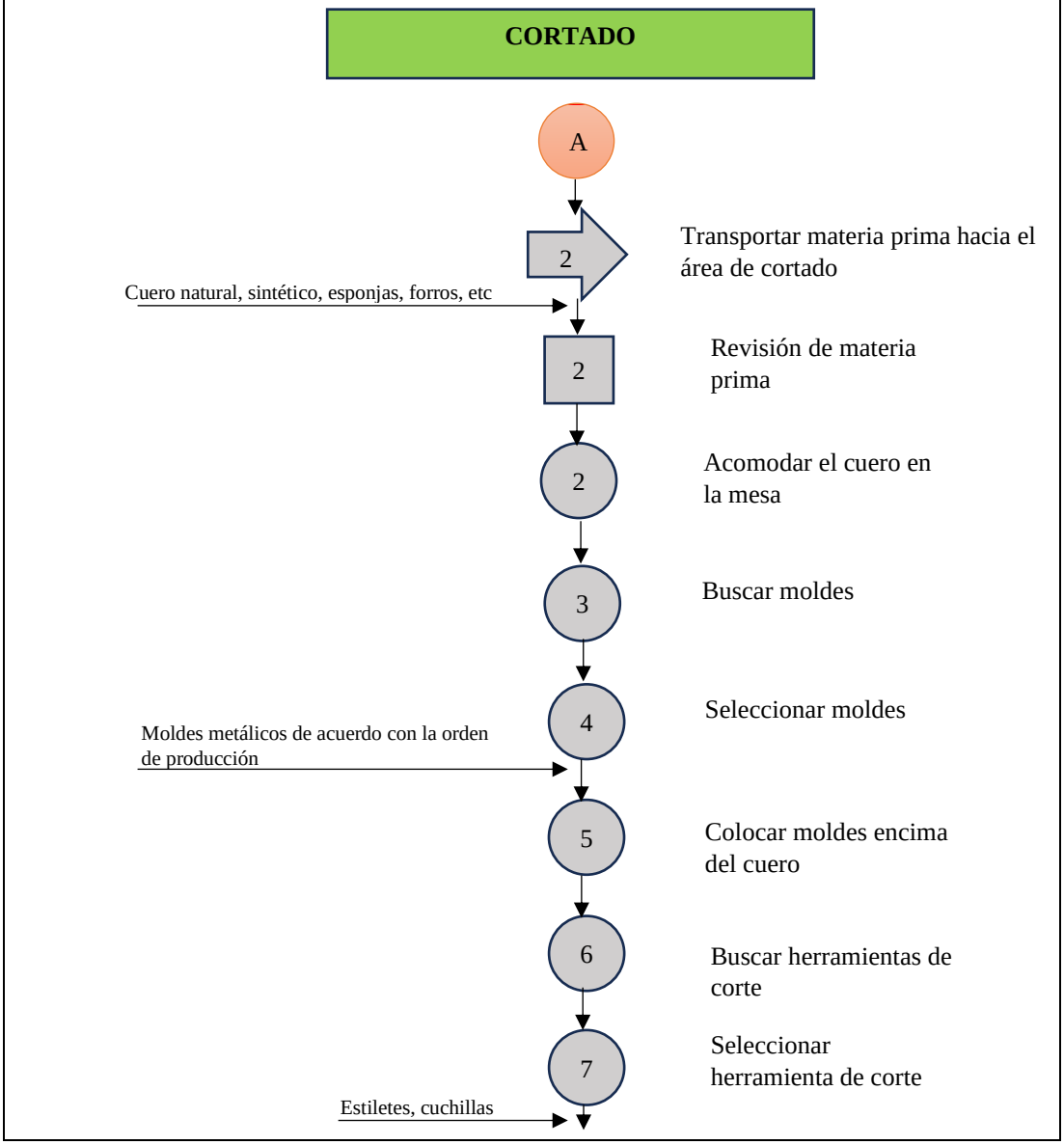
b. Diagrama sinóptico

Se establecen los diagramas analíticos de cada proceso con el propósito de representar de manera gráfica y detallada las operaciones realizadas, mostrando las entradas, salidas, acciones y decisiones que ocurren en cada etapa.

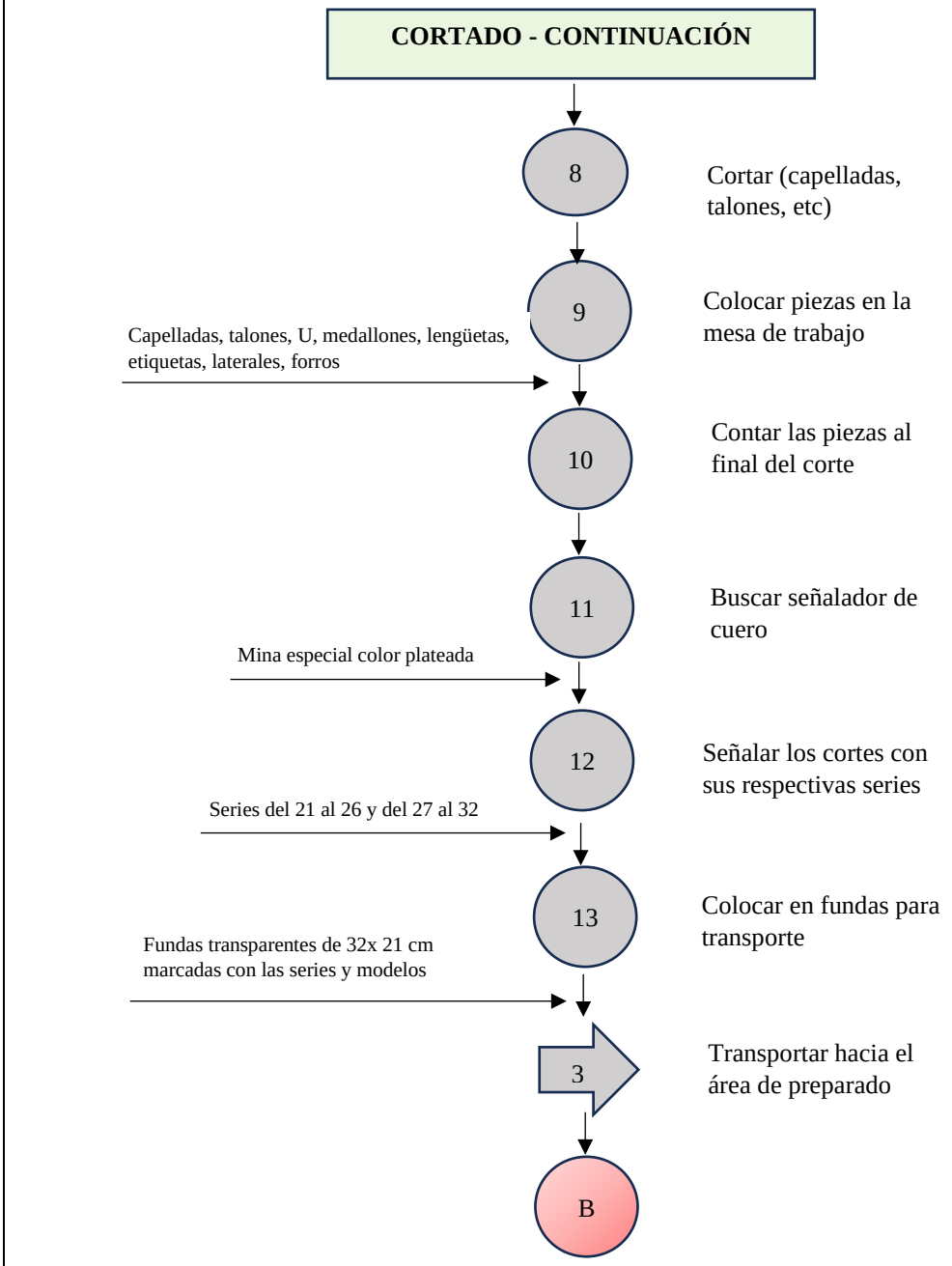
De esta forma es posible identificar puntos críticos y diseñar estrategias de mejora. A continuación, en la Tabla 18 se muestran el diagrama perteneciente al proceso de cortado.

Tabla 18. Diagrama sinóptico – Recepción materia prima

	POOL SPORT		
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 2/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Cortado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			



POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 3/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Cortado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			



Los diagramas sinópticos pertenecientes a los procesos de recepción, preparado, aparado, plantado y acabado se encuentran expuestos en el Anexo Q.

Resumen de los diagramas sinópticos pertenecientes a los procesos productivos.

En la Tabla 19 se expone el resumen y los datos obtenidos de cada uno de los diagramas sinópticos realizados a los procesos de producción de POOL SPORT.

Tabla 19. Resumen de los diagramas sinópticos

Resumen	
Actividad	**Cantidad**
Operaciones	87
Inspecciones	6
Almacenamientos	4
Transportes	15
Esperas	2
TOTAL	114

Análisis e interpretación

Una vez que se ha desarrollado el respectivo registro de la información inicial relacionada con la fabricacion de calzado deportivo, se han idenfitifcado las siguientes actividades: 87 operaciones, 5 inspecciones, 4 almacenamientos, 15 transportes y 2 esperas, esto desde que ingresa la materia prima has la obtención del calzado como tal

c. Diagrama de Flujo

Con el objetivo de simplificar la detección de posibles errores en el flujo del material, así como también identificar las acciones, decisiones y relaciones entre cada proceso, se desarrollaron flujogramas para cada uno de los procesos que forman parte del área operativa. A continuación, en la Figura 54 se expone el diagrama de flujo del proceso de recepción de materia prima, en donde se observa aspectos importantes como la relación e interacción de clientes con el área administrativa y preproducción. Además de ello se identifica el inicio de la cadena de producción en la cual se recepta el pedido, se genera un informe de los costos y la orden de producción que es enviada a preproducción permitiendo que estos se encarguen de preparar la materia prima y los insumos necesarios facultando al área operativa iniciar la producción.

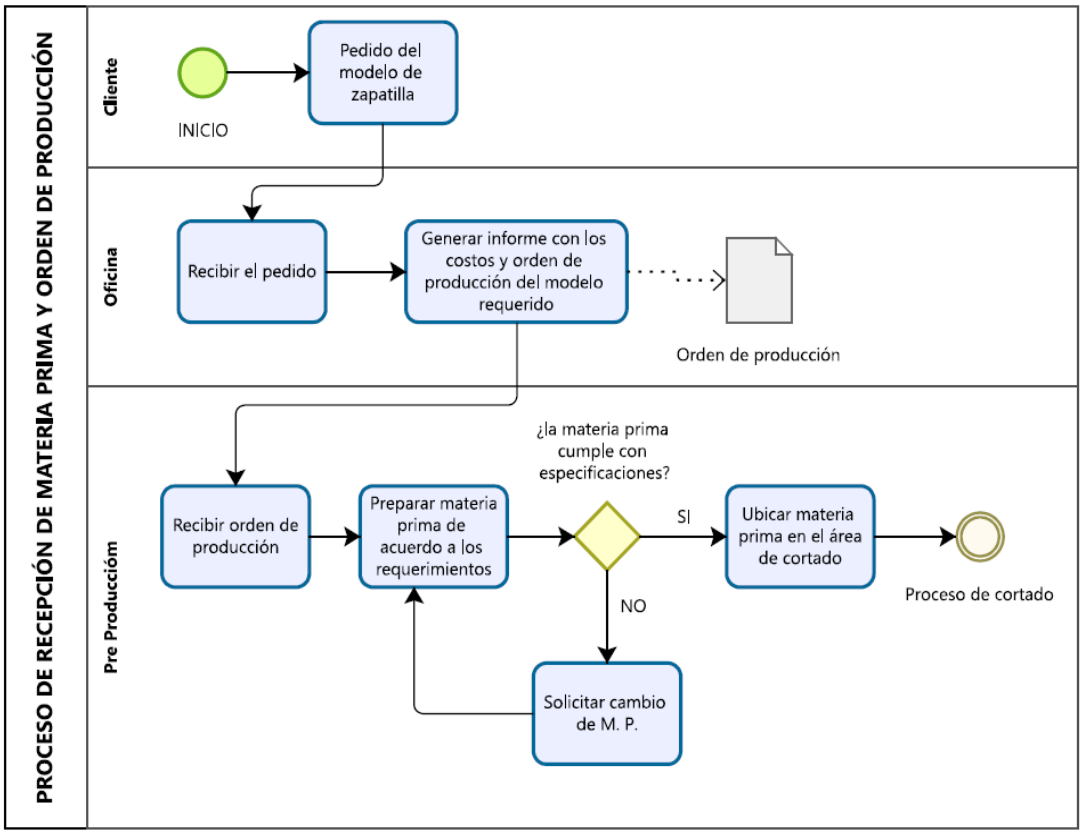


Figura 54. Diagrama de flujo (recepción de materia prima)

En el Anexo A se expone los diagramas de flujo de los procesos pertenecientes a la empresa de calzado POOL SPORT (cortado, preparado, aparado, plantado y acabado), tomando en cuenta que identificar cada una de las actividades que forman parte de los procesos productivos en la empresa son fundamentales debido a que permiten conocer y analizar cada una de ellas desde el momento que ingresa la materia prima hasta que es obtenido el producto terminado, esto debido a que la investigación se centró en la detección de defectos y las causas que generan estos, por lo que es indispensable desarrollar los diagramas de flujo.

3.1.10 Identificación de los problemas presentes en el proceso productivo

POOL SPOR es una organización comprometida con el cumplimiento de los requisitos de sus clientes, así como también ofertar al mercado productos de calidad, sin embargo en muchas ocasiones la falta de conocimientos sobre metodologías y herramientas que permitan eliminar fallos en sus procesos, provoca la generación de factores perjudiciales para toda la empresa, como la generación de distintos tipos de defectos en su línea de producción, es por ello por lo que se usó algunas herramientas como la

entrevista para escuchar de primera mano cada una de las afecciones que se generan día a día, esto con el objetivo de identificar tales inconvenientes presentes en el proceso considerando que ninguna organización está libre de generarlos.

Entrevista

Se opta por realizar una entrevista con el jefe de producción y operarios con el propósito de determinar cuáles son esos problemas que se observan en el área productiva de la empresa, una vez que se ha determinado previamente el modelo del producto de mayor demanda en el periodo de julio a diciembre de 2023.

La conversación se realizó con el jefe de producción debido a que es quien está encargado de supervisar todo el proceso productivo, y por ende está al tanto de todo lo que está ocurriendo en este. Así mismo se mantuvo contacto con los operarios responsables de ejecutar las actividades en el área operativa. Es fundamental recalcar que toda la entrevista fue realizada en base al modelo que se encuentra en el Anexo B.

A continuación, en la Tabla 20 se expone las preguntas más relevantes de toda la entrevista realizada.

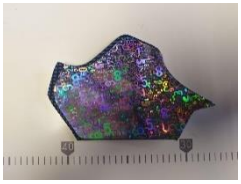
Tabla 20. Entrevista realizada al jefe de producción y operarios

ENTREVISTA PARA PERSONAL ADMINISTRATIVO Y OPERARIOS	
¿Qué novedades se observa en los procesos productivos?	Productos defectuosos al final de la línea de producción
¿Qué procesos productivos considera que generan más defectuosos?	Corte, aparado y plantado
¿Qué defectos observa en dichos procesos?	Descocidos, manchas de pegamento en toda la zapatilla, mal estampados, piezas mal cortadas

Análisis e interpretación

De la entrevista realizada se recalcan algunos temas importantes para el objetivo del estudio, como son las áreas en las que más zapatillas defectuosas se ha observado y la lista de los principales defectos en dichos procesos. De la información recolectada también es posible identificar que una de las causas por las que se generan defectos desde la perspectiva de los operarios sería el escaso control de calidad en los procesos, evidenciando que solo se lo realizaba al final en el área de acabado cuando las zapatillas estaban listas para ser enfundades. Entre los procesos que más conflictos presentan según el diagnóstico inicial realizado a través de la entrevista no estructurada están: corte, aparado y plantado, razón por la cual el presente estudio se centró en estos. Los defectos encontrados en los 3 procesos mencionados con anterioridad fueron en total 14, detectados mediante observaciones realizadas durante dos semanas en las cuales se produjeron el modelo seleccionado para el estudio y registrados con evidencias fotográficas en la Tabla 21 se expone a continuación:

Tabla 21. Lista de defectos presentes en los procesos productivos

PROCESO	DEFECTO	DESCRIPCION	FIGURA
Cortado	Cortes irregulares	Las piezas laterales a pesar de ser de la misma serian unas son más grandes que otras.	
	Piezas con defectos de corte	Por cortar muchas piezas al mismo tiempo las cuchillas alcanzan partes que no debería, además de tener un corte en la parte superior como defecto del material	
Aparado	Descosido	La zapatilla se encuentra con la parte superior del talón descosido	
	Descosido	La zapatilla se encuentra con el costado del talón descosido	

PROCESO	DEFECTO	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Aparado	Descosido	La zapatilla se encuentra con el lateral descosido	
	Etiquetas mal colocadas	La etiqueta con los dibujos o figuras se encuentran cosidas en el lado equivocado	
	Correas cosidas incorrectamente	Las correas se encuentran colocadas de forma incorrecta, razón por la cual sobresale demasiado	
	Costuras flojas	Las costuras flojas provocan que las piezas no resistan el proceso de plantado en donde deben ser expandidas	
Plantado	Plantas y etiquetas al revés	Las plantas no coinciden con los estampes y figuras	
	Mancha de super Flex	Existen manchas de super Flex en los foros internos cerca de los pasadores.	

PROCESO	DEFECTO	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Plantado	Manchas	La capellada fue manchada por manipulación incorrecta de los operarios plantadores	
	Manchado de cemento de contacto	La capellada se encuentra manchada en la parte frontal.	
	Manchas	El forro interno justo en el talón se encuentra con manchas	
Preparado	Mal estampado	El estampe ubicado en el talón se encuentra separado del material	

Los defectos que se observan en los procesos productivos son producto de las fluctuaciones naturales que casi siempre se encuentran presentes durante la ejecución de una actividad, esto afecta de manera negativa a la calidad de las zapatillas y esto a su vez a la imagen y prestigio de la empresa. De la Tabla 21 se extrae los tipos de defectos que aparecen día a día durante el desarrollo de las actividades en la planta que en total fueron categorizados en 8, esto debido a que existen defectos como descosidos de piezas entre los que se incluye talones, capelladas, medallones. Estos defectos forman parte del mismo tipo de defecto denominado únicamente como “piezas descosidas” de manera general para ser tratadas y estudiadas de la misma forma, tomando en cuenta que son parte del mismo proceso.

Con esta información, se tuvo los datos necesarios para determinar cuáles son los defectos más recurrentes en los procesos productivos. En la Tabla 22 se muestra de forma resumida los 8 defectos generales identificados en los procesos y como fueron clasificados.

Tabla 22. Resumen de defectos encontrados en el proceso productivo

Resumen de defectos en el proceso productivo		
N°	**Defectos generales**	**Defectos específicos**
1	Cortes irregulares	1. Cortes irregulares
2	Piezas con defectos de corte	2. Piezas con defectos de corte
3	Piezas descosidas	3. Descosido superior de talón 4. Descosido lateral de talón 5. Descosido de laterales
4	Etiquetas mal cosidas	6. Etiquetas mal colocadas
5	Costuras flojas	7. Costuras flojas 8. Correas cosidas incorrectamente
6	Plantas incorrectas	9. Pantas y etiquetas al revés
7	Machas de adhesivos	10. Mancha de super Flex en forros internos cerca de pasadores 11. Mancha en capelladas de pegamento 12. Manchas con cemento de contacto 13. Manchas en el forro interno por detrás del talón
8	Estampados defectuosos	14. Mal estampado de talones

3.1.11 Identificación de los defectos más recurrentes en el proceso productivo

Para registrar la frecuencia de aparición de defectos, en primer lugar, es necesario determinar la cantidad de productos que fueron inspeccionados durante el mes de observación, considerando una producción diaria de 122 pares y mediante la fórmula de tamaño de muestra, se determinó que corresponde a 110 unidades diarias a ser inspeccionadas y registradas. Se uso un muestreo aleatorio simple (Anexo H).

Cabe destacar que la recopilación de datos se realizó mediante el registro en una hoja de verificación (Anexo C) realizada en el periodo de un mes, en días hábiles en donde se recopiló todas las fallas o defectos presentes en los 3 procesos más conflictivos definidos a través de la entrevista realizada al personal del área operativa y al jefe de producción (Anexo B).

Finalmente, para determinar cuáles son los problemas o defectos que más están afectando a los procesos (cortado, aparado y plantado) y a la calidad de los productos finales, a continuación, en la Tabla 23 se detallan los defectos y la frecuencia acumulada de aparición de estos.

Tabla 23. Frecuencia de aparición de defectos

DEFECTOS	FRECUENCIA (unidades)	% PART.	% PART. ACUM.
Piezas descosidas	67	26,0%	26,0%
Machas de adhesivos	54	20,9%	46,9%
Piezas con defectos de corte	34	13,2%	60,1%
Etiquetas mal cosidas	32	12,4%	72,5%
Cortes irregulares	28	10,9%	83,3%
Costuras flojas	15	5,8%	89,1%
Plantas incorrectas	15	5,8%	95,0%
Estampado defectuoso	13	5,0%	100,0%
TOTAL	258		

En la Tabla 23 se detalla de forma general los defectos encontrados en los procesos productivos agrupándolos dentro de la misma categoría. Tal es el caso del defecto por piezas descosidas el cual se desglosa en: descosidos en capelladas, descocidos en "U", descosidos de talones, cañas y correas (clasificándolos como un solo defecto), además de ello se observa a breves rasgos que el defecto de menor frecuencia es el estampado con porcentajes de 5,0 %, a diferencia del defecto piezas descocidas con un porcentaje del 26, 0 %.

A continuación, en la Figura 55 se muestra el diagrama de Pareto con los defectos que sobresalen en la línea de producción.

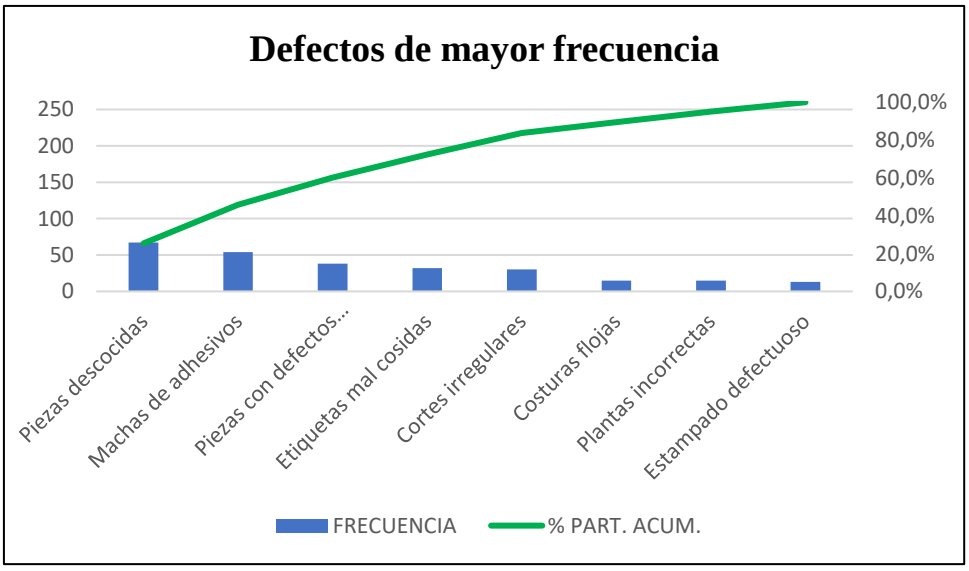


Figura 55. Defectos de mayor frecuencia

Análisis e interpretación

La Figura 55 expone de forma clara los defectos que aparecieron con mayor frecuencia durante el mes de observación realizada por el investigador. Del diagrama de Pareto se destacan algunos defectos como: piezas descosidas, manchas de adhesivos, piezas con defectos de corte y etiquetas mal cosidas los cuales poseen un porcentaje de participación acumulado del 72,5% lo cual indica que son los defectos con mayor recurrencia de aparición, siendo estos los que más afectan a la línea de producción.

Estos defectos en muchas de las ocasiones no son detectados a tiempo, por lo que los productos terminados son entregados a los clientes con dichos defectos ocasionando problemas para la empresa como las quejas y la insatisfacción de los clientes, así como también pérdidas de dinero en reprocesos.

Por otra parte, se observan otro tipo de defectos como cortes irregulares, costuras flojas, plantas incorrectas y estampados defectuosos con un porcentaje de participación del 27,5%.

3.2 Desarrollo de la metodología Six Sigma

3.2.1. Fase DEFINIR

a. Definición del problema

Mediante los estudios realizados se verifica la presencia de defectos en algunos de los procesos productivos de la empresa POOL SPORT.

Las quejas y reclamos provenientes de los clientes dejan en evidencia la situación en la que se encuentra la organización, este hecho ha provocado cierto decrecimiento de la empresa pues además del desprestigio generado también se observa pérdidas económicas debido al desperdicio de materiales y tiempo en reprocesos, por lo que se consideró necesario implementar herramientas como el Diagrama de Pareto para identificar cuáles son los procesos críticos o los procesos en los que se observa una mayor cantidad de defectuosos.

b. Identificación de los procesos críticos

La generación de los defectos en los procesos productivos evidencia el escaso control de calidad en los procesos en el área operativa, hecho que tiene repercusiones negativas para la empresa debido a la insatisfacción de sus clientes, esto deja al descubierto la necesidad de realizar un análisis minucioso de cada uno de sus procesos.

En la Tabla 24 se detalla cada uno de los defectos correspondientes a los procesos productivos en los cuales son generados.

Tabla 24. Clasificación de defectos por procesos

Proceso	Defectos
Corte	Cortes irregulares
	Piezas con defectos de corte
Aparado	Piezas descosidas
	Etiquetas mal cosidas
	Costuras flojas
Plantado	Plantas incorrectas
	Manchas de adhesivos
Preparado	Estampados defectuosos

Con la finalidad de determinar cuáles son los procesos críticos dentro del área operativa de POOL SPORT, se desarrolló un diagrama de Pareto en donde se describe de forma detallada cuales son los procesos que aportan con la mayor cantidad de defectos en la línea de producción. En la Tabla 25 se detalla el porcentaje de participación acumulado de cada uno de los procesos productivos identificados en la Tabla 24.

Tabla 25. Identificación de los procesos críticos

PROCESO	FRECUENCIA UNIDADES DEFECTOS	% PART.	% PART. ACUM
Aparado	114	44,2%	44,2%
Plantado	69	26,7%	70,9%
Cortado	62	24,0%	95,0%
Preparado	13	5,0%	100,0%
TOTAL	258	100%	

Del primer análisis realizado en la Tabla 25 se evidencia la totalidad de defectos encontrados en el periodo de un mes, correspondientes a los procesos: aparado, plantado, cortado y preparado con una frecuencia de aparición de unidades defectuosas de 114, 69, 64 y 13 respectivamente, con un total de 258 unidades con defectos que afectan tanto a la línea de producción como a los clientes.

Con la finalidad de identificar el o los procesos más críticos, en la Figura 56 se muestra el diagrama de Pareto

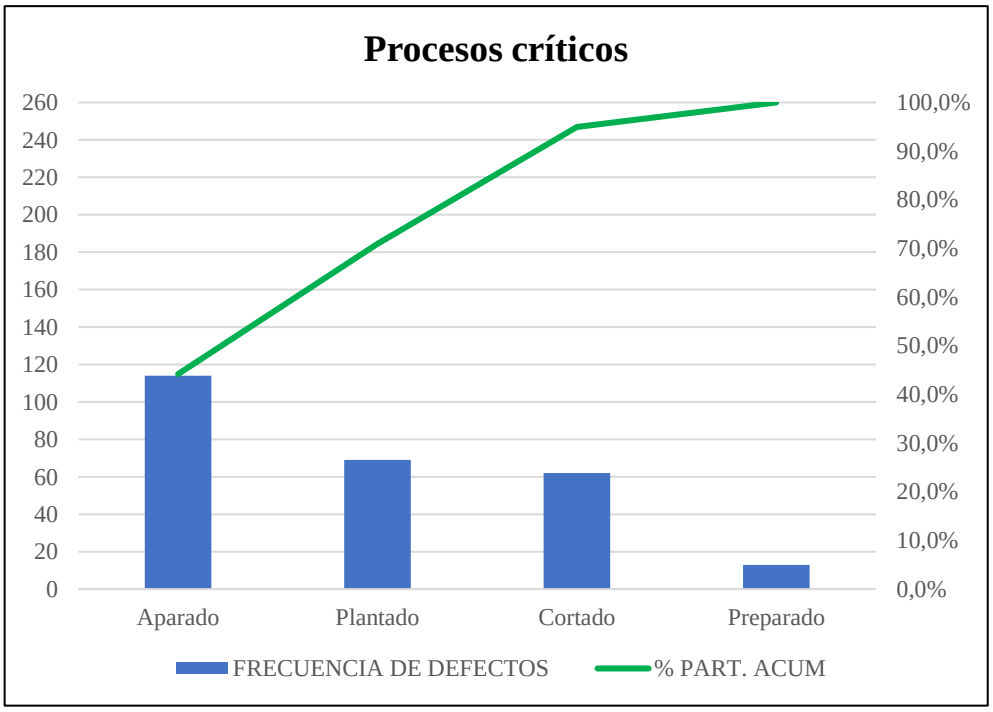


Figura 56. Procesos críticos

Análisis e interpretación:

Los procesos productivos que afectan a mayor escala se encuentran representados con un porcentaje de participación del 70,9% correspondientes al aparado y plantado, mismos que reúnen la mayor cantidad de defectos encontrados en el mes de observación. Mientras que los procesos que también cuentan con defectos, pero en una menor proporcionalidad son: cortado y preparado con un porcentaje de 29,1.

El presente proyecto se centra en el estudio de los 2 primeros procesos críticos (aparado y plantado) que aportan con la mayor cantidad de defectos a la línea de producción.

c. Identificación del origen de los defectos

Con la finalidad de identificar cuáles son las causas primordiales por las cuales se producen defectos de mayor incidencia en los procesos críticos se utilizó una técnica denominada lluvia de ideas, esto debido a que facilita la participación en conjunto de todas las personas directamente implicadas en dichas actividades, permitiendo descomponer el problema y sus causas a través de la generación y exploración de diversas posibilidades, ideas y pensamientos para abordar el problema.

La lluvia de ideas fue realizada mediante una reunión que incluyó la participación de los operarios, quienes son responsables de ejecutar las operaciones diarias, el jefe de producción encargado de supervisar y coordinar todos los procesos dentro de la planta. Además, se contó con la presencia del investigador, cuya función principal fue facilitar y estructurar el intercambio de ideas de manera organizada y efectiva.

Durante la reunión, cada participante tuvo la oportunidad de expresar sus ideas y opiniones sobre las posibles causas de los defectos, la presencia de estos garantizó que se incluyera perspectivas prácticas y conocimientos específicos sobre el funcionamiento real de los procesos. La participación del jefe de producción aporto una visión más amplia y estratégica, permitiendo identificar posibles fallos en la planificación y gestión de recursos y finalmente el investigador promovió un ambiente abierto y colaborativo donde todas las ideas fueron valoradas y consideradas sin perjuicios permitiendo una discusión dinámica y productiva. Cabe recalcar que esta herramienta se aplicó en los tres procesos críticos (cortado, aparado y plantado), y que el orden de las ideas no se encuentra expresadas en un orden de importancia específico.

- **Cortado**

En la Tabla 26 se exponen las causas por las que los operadores consideran que existen defectos en el proceso de corte.

Tabla 26. Lluvia de ideas de causas que generan defectos

Lluvia de ideas – Proceso de cortado
Causas primordiales que influyen en la generación de defectuosos
Materiales defectuosos
Cueros manchados
Telas descoloridas

Lluvia de ideas – Proceso de cortado
Desgaste en herramientas de corte
Rollos de cuero rotos y cortados
Errores humanos
Presión aplicada en la herramienta de corte
Variaciones en el patrón de corte
Falta de inspección y control
Moldes defectuosos
Desorganización en el área de trabajo
Mala alineación de las cuchillas

Análisis e interpretación:

Se observa de primera mano que tanto los materiales defectuosos como los errores humanos son elementos significativos que contribuyen sustancialmente a la generación y manifestación de artículos defectuosos dentro del proceso de cortado. Estos problemas persisten a lo largo del flujo de producción hasta culminar con la obtención del producto final, sin embargo, se desconoce las causas raíz de dichos defectos. Por esta razón, se ha decidido llevar a cabo un análisis mediante un diagrama de Ishikawa, con el propósito de estructurar las ideas e identificar las causas fundamentales empleando el método de las 6M's de la calidad. En la Figura 57 se exponen el diagrama Causa – Efecto con las ideas ordenadas y clasificadas.

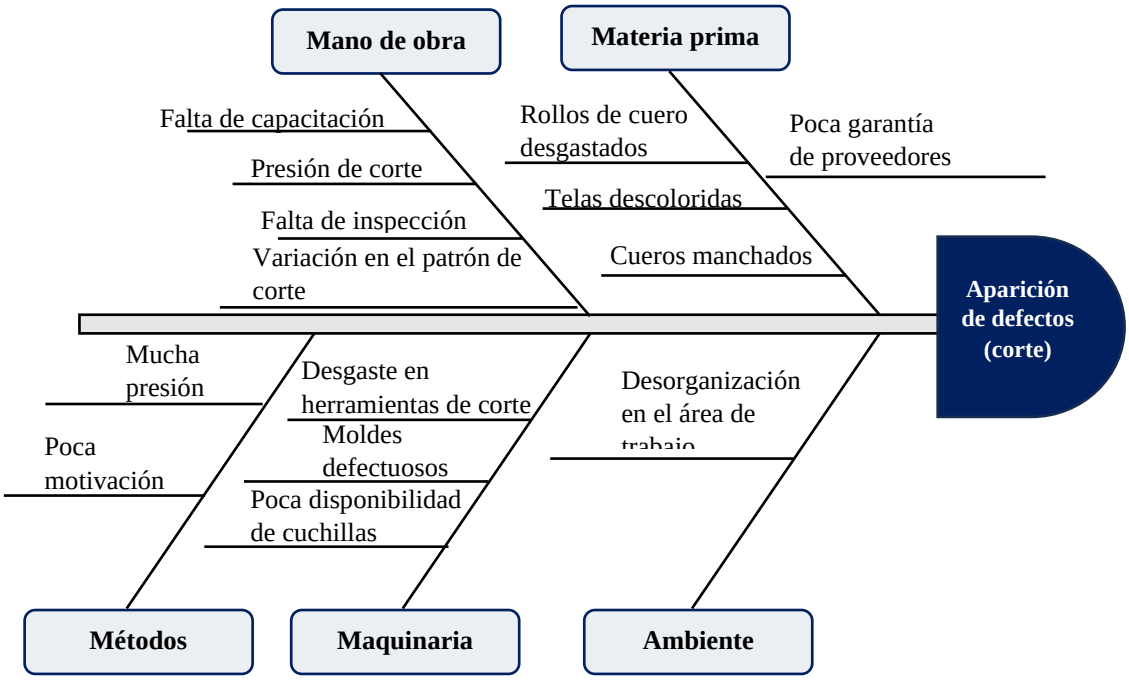


Figura 57. Diagrama de Ishikawa (corte)

Análisis e interpretación

Los factores potenciales que contribuyen significativamente a la notable aparición de defectos se relacionan directamente con algunos aspectos como: mano de obra, materia prima, métodos de trabajo, las herramientas utilizadas y el medio ambiente. La mano de obra desempeña un papel crucial en las actividades de producción de zapatillas, siendo uno de los factores más susceptibles a problemas debido a causas como la escasa capacitación. Estos pueden provocar problemas como la aplicación incorrecta de la herramienta de corte sobre el material, resultando en cortes poco precisos. Además, la falta de inspección individual por parte de los operarios de cada área de trabajo puede conducir a la entrega de productos no verificados en términos de calidad.

La materia prima es otro factor que incide significativamente en los defectos encontrados, especialmente cuando hay problemas relacionados con la ausencia de proveedores certificados que aseguren y garantice la calidad de los materiales. Esta situación puede dar lugar a que los rollos de cuero, cuero sintético y otros insumos sean enviados sin ningún tipo de control, lo que resulta en la presencia de manchas, desgaste y cortes ocasionados durante el transporte desde las bodegas de proveedores hasta las bodegas de la empresa.

Por último, los factores que contribuyen en menor medida a la aparición de fallas son la maquinaria, los métodos de trabajo y el medio ambiente. Con respecto a la maquinaria, estos pueden ser causa de defectos, pero su influencia es limitada en este proceso, ya que no se requiere de herramientas de gran complejidad, aparte de las cuchillas de corte. Asimismo, los métodos de trabajo no implican un mayor grado de dificultad más allá de realizar los cortes necesarios. En cuento al medio ambiente, aunque puede afectar en cierta medida, su contribución a las causas de defectos es mínima, pero no nula y esto se ve reflejado generalmente con la desorganización de las áreas de trabajo.

- **Aparado**

En la Tabla 27 se exponen las causas por las que las operadoras y el jefe de producción consideran que existen defectos en el proceso de aparado.

Tabla 27. Lluvia de ideas - proceso de aparado

Lluvia de ideas – Proceso de aparado
Causas primordiales que influyen en la generación de defectuosos
Materiales defectuosos
Forros internos desgastados
Mala alineación de piezas
Desgaste en ajugas de costura
Máquinas defectuosas
Falta de inspección de las máquinas
Configuraciones inadecuadas de hilos
Errores humanos
Falta de habilidad
Etiquetas incorrectas
Docenas incompletas
Piezas manchadas
Piezas mal cortadas

Análisis e interpretación:

Según los datos aportados por las operarias, las causas atribuidas a la presencia de defectos en el proceso están directamente relacionados con factores como la maquinaria, errores humanos y materiales defectuosos. Estos aspectos desencadenan diversos problemas, como la falta de inspecciones, forros desgastados, configuraciones inadecuadas de las maquinas, agujas desgastadas y piezas mal cortadas. Para clasificar las posibles causas potenciales por generan fallas en el proceso de aparado, se presenta en la Figura 58 un diagrama de Ishikawa, que categoriza estas causas según las 6 M's de la calidad.

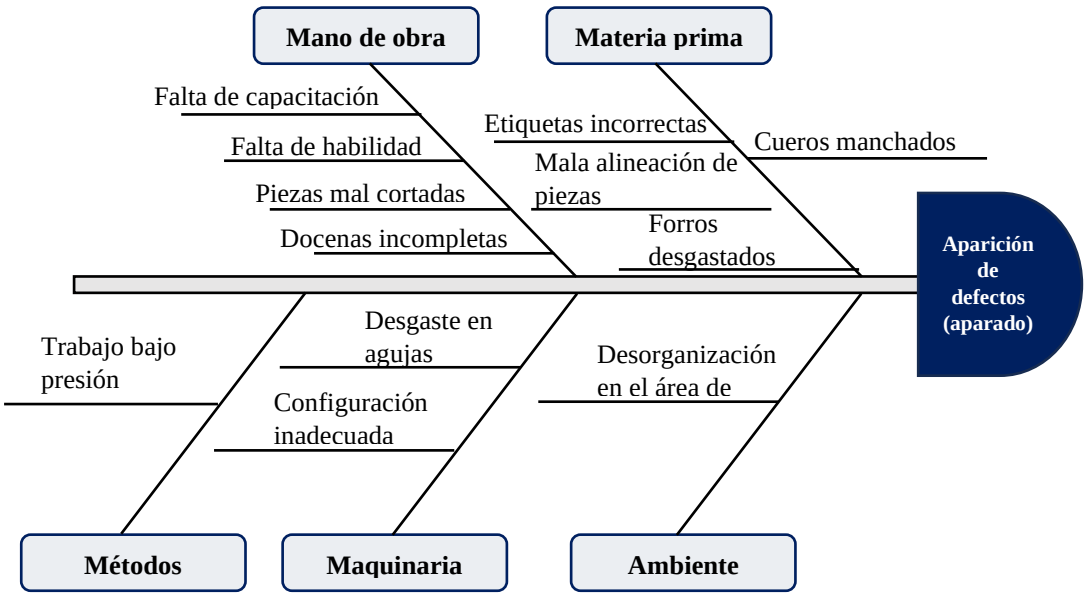


Figura 58. Diagrama de Ishikawa (proceso de aparado)

Análisis e interpretación:

De la Figura 58 se evidencia que el factor que las operadoras identifican como el principal causante de una mayor cantidad de defectos es la mano de obra, afectando tanto el proceso previo como al proceso de aparado. Los defectos generados en el área de corte tienen un impacto negativo en el proceso de aparado, en consecuencia, algunos aspectos relacionados con la mano de obra incluyen la falta de capacitación, habilidades insuficientes, piezas mal cortadas, docenas mal contabilizadas, mala alineación de piezas y etiquetado incorrecto.

Otros factores que afectan en menor medida son la materia prima y la maquinaria, influenciados por causas como el desgaste de agujas, configuraciones inadecuadas de las máquinas, y materiales como forros y cueros desgastados o dañados. Esto repercute directamente en el proceso de aparado de zapatillas, dado que las máquinas de costura son esenciales para dicho proceso, a diferencia del proceso anterior, donde la mano de obra tenía un papel más relevante, no requiriéndose más que las herramientas de corte

Por último, se encuentra a los métodos de trabajo y medio ambiente, factores que afectan de manera negativa, aunque en menor medida según la información aportada por los trabajadores. Estos factores se dividen en problemas estrechamente relacionados con situaciones como trabajo bajo presión y desorganización en el área de operativa.

- **Plantado**

En la Tabla 28 se exponen las causas más comunes por las que los operadores consideran que existen defectos en el proceso de plantado.

Tabla 28. Lluvia de ideas - proceso de plantado

Lluvia de ideas – Proceso de plantado
Causas primordiales que influyen en la generación de defectuosos
Instrumentos inadecuados
Calidad inconsistente de suelas
Errores humanos
Falta de técnica
Etiquetas y plantas equivocadas
Desalineación de las piezas
Mala aplicación de pegamento
Materiales defectuosos

Lluvia de ideas – Proceso de plantado
Adhesivos de mala calidad
Falta de tiempo de activación de pegamentos

Análisis e interpretación:

La Tabla 28 revela algunas causas por la cuales existen defectos en el proceso de plantado. Los factores de mayor incidencia son los errores humanos y materia prima, detectándose problemas como la colocación de adhesivos inadecuados que resultan en desprendimiento o falta de adherencia de las suelas, además se observa que otro de los factores más importantes es la aplicación incorrecta del pegamento por falta técnica. Asimismo, se identifican otros factores relacionados directamente con defectos provenientes del proceso anterior (aparado), donde las costuras deficientes provocan separación de piezas como la capellada y talones.

Para identificar y clasificar cuáles son las causas potenciales que conllevan a la aparición de defectos en el presente proceso, en la Figura 59 se establece un diagrama de Ishikawa el cual detalla los problemas identificados y sus posibles causas, basados en la lluvia de ideas y categorizados mediante el método de las 6M's de la calidad.

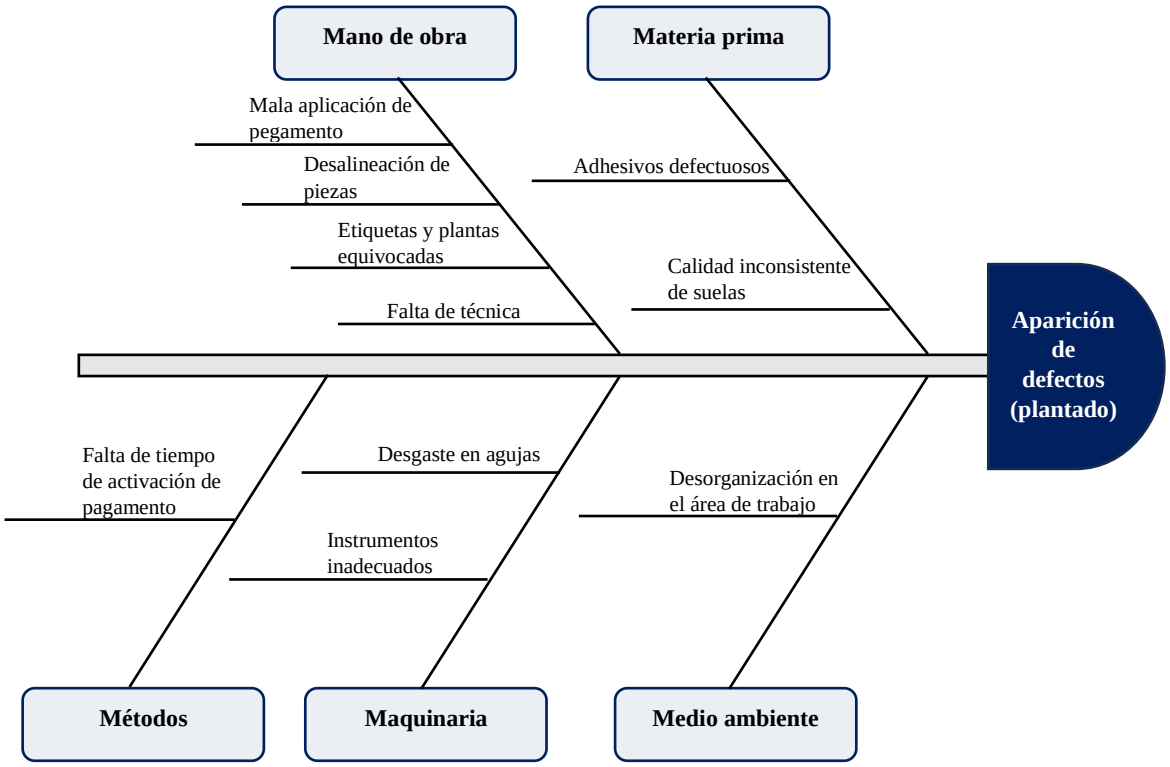


Figura 59. Diagrama de Ishikawa (proceso de plantado)

Análisis e interpretación:

La Figura 59 destaca algunos de los problemas potenciales que constituyen la principal causa de la generación de defectos en el proceso. Al igual que en los procesos anteriores, la mano de obra es la principal causa de las fallas, ya sean del plantado o en procesos anteriores, provocados también por errores humanos en su mayoría.

En segundo lugar, se encuentran factores relacionados directamente con la materia prima y la maquinaria utilizada en el plantado, como la máquina para estrobel, máquina de prensado y la activadora de pegamento. Estas máquinas, en muchas ocasiones pueden provocar zapatillas mal plantadas debido a una calibración deficiente, así como problemas de desprendimiento causados por adhesivos defectuosos o falta de adherencia debido a la calidad inconsistente de las suelas.

Finalmente, existen factores relacionados con los métodos y medio ambiente, los cuales no afectan significativamente al proceso, razón por la cual, para el presente estudio se enfocó únicamente en los dos factores más influyentes en la presencia de defectos en el proceso, que son la mano de obra y la materia prima.

d. Identificación de los clientes

POOL SPORT cuenta actualmente con un mercado nacional e internacional participativo, por tal motivo cuenta con diferentes tipos de clientes determinados por varios aspectos como la cantidad de compras realizadas, frecuencia de estas y los niveles de satisfacción o insatisfacción.

Para el propósito del estudio, se identifican dos tipos de clientes: internos (áreas productivas) y externos (cliente final). La satisfacción de los clientes internos es esencial para garantizar una producción eficiente y de alta calidad, lo cual repercute positivamente en la satisfacción de los clientes externos. Es importante que todos los departamentos trabajen en colaboración para alcanzar los objetivos de la fábrica de zapatillas. A continuación, en la Tabla 29 se clasifican los tipos de clientes:

Tabla 29. Clientes internos y externos

CLIENTES INTERNOS	
Detalle	Procesos
Área productiva	Cortado
	Preparado
	Aparado
	Plantado
	Acabado

CLIENTES EXTERNOS	
Cliente	Detalle
Cliente final	Compra el producto terminado

e. VOC (voz del cliente)

La Voz del Cliente (VoC) se refiere a la recolección de datos y posterior análisis sistemático de las percepciones, expectativas, necesidades y requerimientos de clientes, ya sea internos, como los procesos del área operativa de POOL SPORT, o externos que representan a todos los clientes de la empresa con respecto al producto objeto de estudio.

Para la obtención de la Voz del Cliente se aplican técnicas como la entrevista (Anexo D) y buzón de quejas, herramientas a través de las cuales se obtuvo los aspectos claves que contribuyen al cumplimiento a los requisitos de calidad, como la satisfacción del cliente. En la Tabla 30 se detalla cada uno de los requisitos obtenidos por el investigador:

Tabla 30. Requisitos de los clientes

REQUISITOS	
Clientes internos	**Clientes externos**
- Especificaciones Claras - Insumos de Calidad - Cortes completos - Elementos suficientes - Dimensiones exactas - Etiquetas correctas -Zapatillas sin exceso de pegamento - Plantas correctas - Materia prima de calidad	- Entregas en tiempos acordados - Zapatillas sin manchas - Calidad del producto - Suelas pegadas de forma correcta y sin manchas - Cumplimiento de pedidos - Personalización y exclusividad - Garantía

f. Diagrama de Kano

La implementación de esta herramienta permite determinar, comprender y clasificar las preferencias de los clientes internos y externos en relación con las características del calzado, para ello se hace uso de los requisitos obtenidos del método VOC.

Con la finalidad de determinar las preferencias de los clientes internos y externos se empleó los cuestionarios que se encuentran presentes en los Anexos E y F respectivamente. En la Tabla 31 se expone la clasificación de los requerimientos según los datos obtenidos en las encuestas realizadas a 9 clientes internos y 6 clientes externos.

Tabla 31. Requerimientos de clientes internos y externos

Requerimientos de clientes internos y externos	
Clientes internos	
Área	**Requerimiento atractivo**
Cortado	Materia prima de calidad
	Elementos necesarios para el desarrollo de las actividades
	Rollos de cuero sin defectos
Aparado	Cortes regulares
	Materiales adecuados
	Número de piezas completas
Plantado	Piezas bien aparadas
	Costuras rematadas
	Insumos adecuados
Clientes externos	
Entregas a tiempo	
Zapatillas sin manchas	
Garantía en los productos	
Suelas bien pegadas	

La clasificación de los requerimientos de los clientes internos y externos mediante la tabla de Kano (Anexo G), proporciona una base para tomar decisiones pertinentes que contribuyen a la mejora de la calidad de los productos. Asimismo, la presente clasificación facilita la realización de un análisis mucho más profundo.

g. Identificación de CTQ's

Como se muestra en la Tabla 30, se obtuvo una serie de aspectos que son reconocidos como requerimientos atractivos para los diferentes clientes con los que cuenta POOL SPORT. Estos requisitos están estrechamente relacionados con la calidad de los productos, en tal virtud los parámetros que permiten determinar la eficiencia del proyecto "críticos para la calidad" (CTQ's) se definen por el nivel de calidad, el cual tiene un impacto directo en la satisfacción partes interesadas, tal como se expone en la Figura 60.

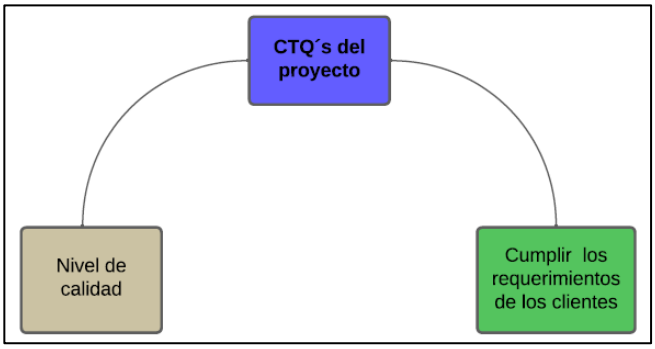


Figura 60. CTQ's del proyecto

Tanto los clientes internos como externos identifican la calidad del producto como su principal requerimiento. Por lo tanto, este aspecto se convierte en crítico para la calidad, dado que tiene un impacto directo con la satisfacción del cliente.

h. Declaración de variables

Mediante los CTQ's identificados a partir de algunas herramientas como la voz del cliente (VOC) y diagrama de Kano, se definen las siguientes variables:

- X: Nivel de calidad

- Y: Satisfacción de las partes interesadas

La variable Y se enfoca netamente en determinar la satisfacción del servicio de manera general tanto para clientes internos como internos, razón por la cual se establece que los niveles de calidad (X) afectan directamente a la satisfacción de estos (Y).

i. Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customer), permite determinar cuál es el alcance del proyecto, así como también conocer cuáles son las X's iniciales que se encuentran afectando al cumplimiento de aspectos importantes para la empresa POOL SPORT como son los requerimientos de los clientes. Tomando como punto de partida los 7 procesos que se manejan en la organización.

En la Tabla 32 se establecen los proveedores, entradas, salidas y clientes de cada uno de los procesos que forman parte de la planta, mediante lo cual se logra identificar de forma precisa toda esta información y características de las actividades llevadas a cabo desde que ingresa la materia prima hasta que se obtiene un producto final con el propósito de definir eficientemente los aspectos relacionados con los clientes internos y externos que son analizados y estudiados como parte fundamental para la presente investigación.

Mediante el reconocimiento de cada uno de los clientes presentes en la planta es posible identificar los requisitos y requerimientos que poseen estos a fin de que se pueda cumplir con ello y mejorar sustancialmente la producción del calzado mejorando la experiencia tanto de los obreros como de los clientes finales.

En el presente diagrama también se describe de forma detallada aspectos relacionados con la mano de obra, materia prima, las herramientas utilizadas y los métodos aplicados en cada uno de los procesos.

Tabla 32. Diagrama SIPOC de la empresa POOL SPORT

	POOL SPORT									
	DIAGRAMA SIPOC									
ACTIVIDAD	**PROVEEDORES (S)**		**ENTRADAS (I)**				**PROCESOS (P)**	**SALIDAS (O)**	**CLIENTES (C)**	
	Externo	**Interno**	**Mano de obra**	**Materia prima**	**Herramientas**	**Método**			**Externo**	**Interno**
Recepción de materia prima	Proveedor de rollos de cuero, cuerina, tela toalla, cuero sintético, suelas, adhesivos.	Dpto. de producción	Jefe de producción		Hojas de chequeo		Proceso productivo visualizar el Anexo A	Insumos y materia prima revisada		Área de cortado
Cortado	Proveedor de herramientas de corte	Bodega	Personal de corte	Rollos de cuero, cuerina, cuero sintético	Estiletes, minas, moldes, porta cuchillas	Orden de trabajo		Piezas cortadas		Área de preparado
Preparado	Proveedor de pinturas, hilos, sellos, pegatinas	Área de cortado	Personal de preparado	Laterales, cañas, talones, etiquetas, logos, pintura	Bordadora, estampadora, estiletes, tijeras	Orden de trabajo		Piezas bordadas, estampadas y grabadas, etiquetas estampadas, cortes listos		Área de aparado
Aparado	Proveedor de hilos, minas, ojalillos	Área de preparado	Personal de aparado	Capelladas, medallón, laterales, u, cañas, talones, etiquetas, logos, ojalillos, lengüetas, correas	Máquinas de coser, tijeras, agujas, ojalillador, martillo	Orden de trabajo		Cortes aparados		Área de plantado
Plantado	Proveedor de isarcoll, super Flex, adhesivos, suelas, minas, hilos	Área de aparado	Personal de plantado	Adhesivos, suelas, cortes	Minas, hormas, maquina activadora de adhesivo, prensadora, estrobel	Orden de trabajo		Cortes plantados		Área de acabado
Acabado	Proveedor de etiquetas, alcohol, brochas, tijeras	Área de plantado	Personal de acabado	Plantillas, pasadores, series, brillos, pintura, fundas	Tijeras, brochas, pegamento	Orden de trabajo		Zapatillas terminadas	Cliente final	Bodega de zapatillas

j. Carta del proyecto (Project Charter)

La carta del proyecto representa la culminación de la primera etapa Definir de la metodología DMAIC. En la Tabla 33 se muestra la carta del proyecto:

Tabla 33. Carta del proyecto

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">POOL SPORT</td></tr>
<tr><td>Nombre del proyecto</td><td colspan="3">Análisis de la variabilidad en los procesos productivos de la empresa de calzado POOL SPORT mediante la metodología Six Sigma</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fecha: 04/Marzo</td><td colspan="2">Versión: 1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Necesidad de la empresa a ser atendidas: En el desarrollo del proceso productivo para la obtención de calzado deportivo existe la presencia de fallas o defectos los cuales perjudican al producto final. La falta de conocimiento acerca de herramientas que permitan la reducción de los defectos es una de las causas principales además del escaso control de calidad en los procesos. Cuando se obtiene productos defectuosos al final de la producción, se recurre a acciones como reprocesos lo que se traduce a pérdidas de tiempo y desperdicio de materia prima, por lo tanto, la reducción de fallas en los productos reduce de manera significativa los desperdicios y pérdidas económicas obteniendo como resultado la satisfacción de los clientes.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Declaración del problema: La generación de productos defectuosos surgen desde que ingresa la materia prima hasta obtener un producto terminado los cuales son entregados a los clientes finales. Este factor negativo ha provocado insatisfacción tanto a clientes internos como externos, además de gastos adicionales en reprocesos.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Objetivo: Reducir los defectos en el calzado incrementando los niveles de calidad</td></tr>
<tr><td colspan="4">Alcance: El desarrollo de la metodología Six Sigma se realizará a través de la implementación de las fases de DMAIC en la producción de calzado deportivo en la empresa POOL SPORT, con la finalidad de reducir los defectos en los procesos y con ello incrementar a satisfacción de clientes internos y externos.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Roles y responsabilidades.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Propietarios: Área operativa</td></tr>
<tr><td colspan="4">Patrocinador: Sr. Raúl Moposita (Gerente)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Líder del proyecto: El investigador</td></tr>
<tr><td colspan="4">Equipo:</td></tr>
<tr><td>Jerarquía</td><td>Cargo</td><td>Fases</td><td>Responsabilidades</td></tr>
</table>

	POOL SPORT		
Jefe del área operativa	Supervisor de calidad	Medir, analizar, mejorar, controlar	Encargado del desarrollo de cada una de las actividades propuestas para la reducción de variabilidad y mejoramiento de la calidad.
Área operativa	Operarios de cada proceso	Medir, analizar, mejorar, controlar	Participantes responsables de acatar las actividades establecidas para las fases de la metodología con la finalidad de obtener resultados positivas y encargados de promover la participación grupal.
	Investigador	Definir, medir, analizar, mejorar y controlar	Encargado del diseño y desarrollo de la metodología para la disminución de variabilidad en los procesos productivos mediante la aplicación de cada una de las fases de la herramienta DMAIC.
Recursos: apoyo del área operativa, información y base de datos estadísticos. Software de análisis estadísticos			
Métricas: Fallas en el calzado, quejas internas y externas.			
Fecha de inicio del proyecto: 11/marzo/2024			
Fecha planeada para finalizar el proyecto: 10/junio/2024			
Aprobación del proyecto:			

Elaborado por	**Revisado por**	**Aprobado por**
Santiago Montenegro Investigador	Ing. Mauricio López Docente tutor	Sr. Raúl Moposita Gerente general

3.2.2. Fase MEDIR

a. Estudios R&R para atributos

Con la finalidad de evaluar el sistema de medición con el que se determina si los productos son "defectuosos" o "no defectuosos", se realizó un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) en el proceso de producción de POOL SPORT, lo que permite determinar qué tanto de la variabilidad observada se atribuye a errores en las mediciones o procesos de inspección que por lo general son resultado de inspectores con poca experiencia.

Para el presente estudio se utilizó el Estudio R&R para atributos debido a que la empresa maneja normas estrictas de confidencialidad, lo que dificulta la obtención de variables relacionadas con la resistencia, flexibilidad, etc; por lo que se analiza el sistema para medir bajo la perspectiva binomial de defectuosos o no defectuosos con el propósito de determinar si un par de zapatillas es catalogado según el defecto "manchas de adhesivos".

Método de análisis de riesgo para estudio R&R

1. Repetibilidad

Para determinar la repetibilidad del estudio se utiliza la Ecuación 13 mediante la información y los datos recolectados en el Anexo S y T:

$$ND_{rep} = \frac{6}{60} * 100 = 10\%$$

2. Reproducibilidad

Para determinar la reproducibilidad del estudio se utiliza la Ecuación 12 mediante la información y los datos recolectados en el Anexo S y T:

$$ND_{repro} = \frac{21}{120} * 100 = 17{,}5\%$$

3. Total R&R

Para determinar la reproducibilidad del estudio se utiliza la Ecuación 11 mediante la información y los datos recolectados en el Anexo S y T:

$$ND_e = \frac{27}{180} * 100 = 15\%$$

Además de ello, el operador 1 posee un porcentaje de repetibilidad de 13,33 y un porcentaje de piezas aceptadas de 61,66, mientras que para el operador 2 se obtuvo 6,66% de repetibilidad y 63,33% de piezas aceptadas.

Análisis del Estudio R&R

Los resultados finales muestran que el estudio R&R obtuvo un valor total del 15%, valor que se encuentra en el rango de 10 a 30% lo que indica que el sistema de medición es aceptable dependiendo de la aplicación, según el manual de análisis de sistemas de medición del Grupo de Acción de la Industria del Automóvil.

Además de ello se observa que la reproducibilidad al poseer un porcentaje del 17,5 representa la mayor problemática. Esto debido a que existe discrepancia entre los criterios de aceptación que los evaluadores usan para inspeccionar los productos, por esta razón resulta de vital importancia optar por el criterio del operador 1 como estándar debido a que obtuvo un nivel de evaluación mucho más estricto con un 61,66% en comparación con el operador 2 el cual obtuvo un valor del 63,33% de piezas aceptadas bajo el defecto de manchas de adhesivos. Cabe recalcar que el porcentaje de discrepancia entre los trabajadores muchas veces es ocasionado por la escasa capacitación con la que cuentan los operadores para realizar este tipo de evaluaciones.

b. Medición y recopilación de datos

La segunda fase de la metodología DMAIC se enfoca principalmente en describir los problemas que están afectando a los procesos productivos, con el objetivo de exponer de forma clara la afectación real de los problemas presentes en la empresa.

A través del análisis de datos pertinentes, la etapa de medir permite establecer métricas que posteriormente serán evaluadas de manera adecuada con el propósito de identificar los aspectos clave como punto de inicio para tomar las decisiones pertinentes, así también establecer los métodos y actividades que se deben seguir para las mediciones pertinentes.

c. Identificación de la medición y variación

Desde la perspectiva de la metodología Six Sigma, esta etapa se centra específicamente en dos propósitos fundamentales:

- Recopilación de información cuantitativa para una determinada validación que permita cuantificar el problema, acción que permite completar el planteamiento de una posible oportunidad de mejora.
- Determinación del origen de los problemas

Por otra parte, la variación refleja las alteraciones que se presentan en las mediciones realizadas en condiciones normales. Este factor surge como producto de varios aspectos relacionados entre sí, más específicamente por cada una de las 6 emes de la calidad (materia prima, medio ambiente, mano de obra, métodos, medición, maquinaria). Entre las variables que fueron objeto de medición están PPM, nivel de calidad Sigma y finalmente la satisfacción del cliente.

d. Recolección de datos

Con el objetivo de cuantificar los problemas presentes en el proceso, se desarrollan diferentes hojas de verificación respecto a las 4 semanas abordadas durante el mes de observación, mediante las cuales se recopila cada uno de los defectos encontrados diariamente.

En las Tablas 34, 35, 36 y 37 se detalla de forma clara la cantidad de defectos recopilados diariamente para un total de 110 pares seleccionados a través del muestreo aleatorio simple.

Tabla 34. Frecuencia de defectos (SEMANA 1)

	POOL SPORT					
Producto	Sport Plásticas (niños)	**Fecha**	**DD**	**MM**	**AA**	
			11	03	2024	
Elaborado por	El investigador	**Código**	HDV-FCPS-001			
HOJA DE VERIFICACIÓN						
N°	**Defectos**	**Frecuencia (unidades)**				
		Día 1	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Subtotal**
1	Cortes irregulares	2	3	0	1	0	6
2	Piezas con defectos de corte	4	3	1	2	2	12
3	Piezas descocidas	8	6	1	3	5	23
4	Etiquetas mal cosidas	5	1	3	2	1	12
5	Costuras flojas	0	1	1	0	0	2
6	Plantas incorrectas	1	0	2	0	1	4
7	Machas de adhesivos	4	2	2	3	2	13
8	Estampados defectuosos	2	0	1	2	0	5
Revisado por	Ing. Mauricio López	**Fecha de revisión**	18/03/2024			
Aprobado por	Raúl Moposita, Gerente	Observaciones:				

Tabla 35. Frecuencia de defectos (SEMANA 2)

	POOL SPORT					
Producto	Sport Plásticas (niños)	**Fecha**	**DD**	**MM**	**AA**	
			18	03	2024	
Elaborado por	El investigador	**Código**	HDV-FCPS-002			
HOJA DE VERIFICACIÓN						
N°	**Defectos**	**Frecuencia (unidades)**				
		Día 1	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Subtotal**
1	Cortes irregulares	3	2	0	1	4	10
2	Piezas con defectos de corte	4	2	3	1	0	10
3	Piezas descocidas	6	4	0	3	2	15
4	Etiquetas mal cosidas	3	1	3	4	0	11
5	Costuras flojas	0	1	0	0	2	3
6	Plantas incorrectas	0	0	1	1	3	5
7	Machas de adhesivos	3	5	1	3	2	14
8	Estampados defectuosos	0	1	0	0	1	2
Revisado por	Ing. Mauricio López	**Fecha de revisión**	25/03/2024			
Aprobado por	Raúl Moposita, Gerente	Observaciones:				

Tabla 36. Frecuencia de defectos (SEMANA 3)

	POOL SPORT					
Producto	Sport Plásticas (niños)		**Fecha**	**DD**	**MM**	**AA**
				25	03	2024
Elaborado por	El investigador		**Código**	HDV-FCPS-003		
HOJA DE VERIFICACIÓN						
N°	**Defectos**	**Frecuencia (unidades)**				
		Día 1	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Subtotal**
1	Cortes irregulares	2	1	0	1	2	6
2	Piezas con defectos de corte	2	1	0	0	1	4
3	Piezas descocidas	6	5	3	1	1	16
4	Etiquetas mal cosidas	3	1	0	1	1	6
5	Costuras flojas	2	1	1	0	1	5
6	Plantas incorrectas	2	0	0	0	1	3
7	Machas de adhesivos	4	3	5	0	1	13
8	Estampados defectuosos	1	0	0	0	0	1
Revisado por	Ing. Mauricio López		**Fecha de revisión**	1/04/2024		
Aprobado por	Raúl Moposita, Gerente		Observaciones:			

Tabla 37. Frecuencia de defectos (SEMANA 4)

	POOL SPORT					
Producto	Sport Plásticas (niños)		**Fecha**	**DD**	**MM**	**AA**
				1	04	2024
Elaborado por	El investigador		**Código**	HDV-FCPS-004		
HOJA DE VERIFICACIÓN						
N°	**Defectos**	**Frecuencia (unidades)**				
		Día 1	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Subtotal**
1	Cortes irregulares	2	3	0	1	0	6
2	Piezas con defectos de corte	4	2	1	1	0	8
3	Piezas descocidas	4	4	0	2	3	13
4	Etiquetas mal cosidas	2	1	0	0	0	3
5	Costuras flojas	2	1	1	0	1	5
6	Plantas incorrectas	0	0	2	0	1	3
7	Machas de adhesivos	4	2	3	3	2	14
8	Estampados defectuosos	0	1	1	3	0	5
Revisado por	Ing. Mauricio López		**Fecha de revisión**	8/04/2024		
Aprobado por	Raúl Moposita, Gerente		Observaciones:			

El total de productos defectuosos que fueron encontrados por semana permite realizar un primer análisis acerca del número de fallas que se van generando día a día en el desarrollo de las actividades en condiciones normales en las instalaciones de POOL SPORT.

La mayor cantidad de defectos generados semanalmente se centran en piezas descocidas y manchas de adhesivos provenientes de los procesos de aparado y plantado respectivamente. En la Tabla 38 se muestra el resumen del número total de cada defecto encontrados en el mes de observación

Tabla 38. Total de defctos mensuales

Proceso	Defectos	Frec. (unidades)
Aparado	Piezas descosidas	67
	Etiquetas mal cosidas	32
	Costuras flojas	15
Plantado	Manchas de adhesivos	54
	Plantas incorrectas	15
Cortado	Piezas con defectos de corte	34
	Cortes irregulares	28
Preparado	Estampado defectuoso	13

Análisis e interpretación

En la anterior tabla se muestra el número total de zapatillas con defectos que se presentan con mayor frecuencia en la producción. El defecto más significativo es el de piezas descosidas con un total de 67 unidades con falla, mientras que el estampado defectuoso presenta la menor incidencia de fallos, con un total de 13 unidades mensuales. En conjunto, se registran un total de 258 unidades defectuosas mensuales.

e. Análisis de la variabilidad en los procesos críticos

Con los datos precisos sobre la frecuencia de aparición de los defectos de la Tabla 38, es posible evaluar la situación en la que se encuentra la empresa actualmente, a través de un análisis de la variabilidad en los procesos críticos que forman parte del área operativa de POOL SPORT. Con el objetivo de definir cuáles son los defectos potenciales de cada proceso crítico encontrado, resulta crucial la realización de un análisis a través del diagrama de Pareto enfocado a los 2 procesos más conflictivos de toda la línea de producción. Por lo tanto, se llevó a cabo un estudio más a fondo de cada uno de ellos.

- **Aparado**

El primer proceso identificado como el más crítico con un total de 114 unidades defectuosas. Cuenta con porcentajes del 44,2% del total de problemas registrados durante el periodo de un mes según la Tabla 25. Es importante señalar que, del total de productos con fallas del presente proceso, estos se distribuyen en 3 tipos de defectos. Con la finalidad de determinar cuál de los siguientes defectos son los más crítico, se realiza el diagrama de Pareto expuesto en la Figura 61 mediante la utilización de los datos expuestos en la Tabla 39.

Tabla 39. Defectos en el proceso de aparado

Defectos	Frecuencia (unidades)	% Part.	% Part. Acum.
Piezas descosidas	67	58,8%	58,8%
Etiquetas mal cosidas	32	28,1%	86,8%
Costuras flojas	15	13,2%	100,0%
TOTAL	114	100,0%	

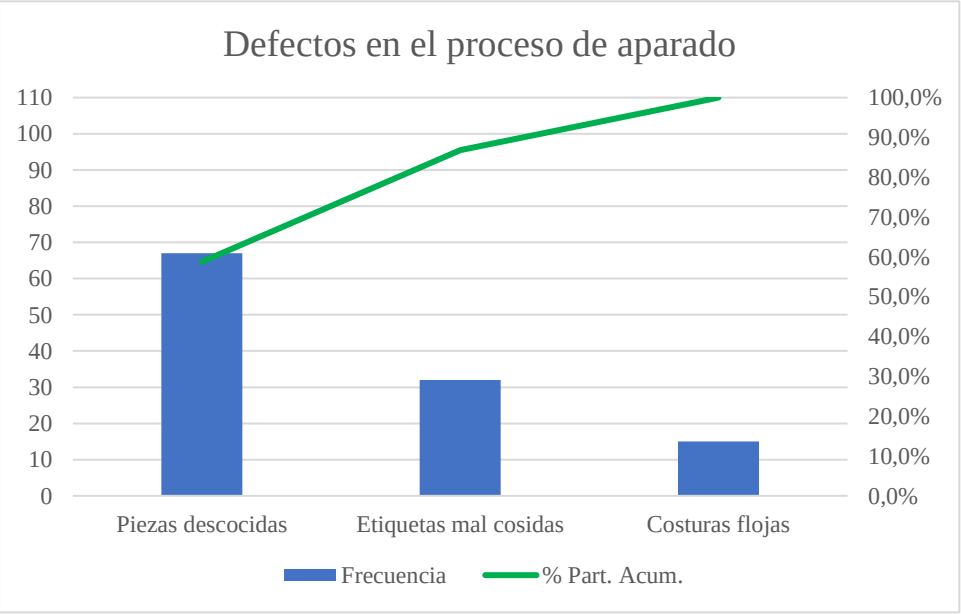


Figura 61. Diagrama de Pareto (proceso de aparado)

Análisis e interpretación

Según el diagrama de Pareto expuesto en la Figura 61, el 86,8% de las fallas que se producen en el proceso de aparado durante el mes de observación, corresponden a piezas descocidas y etiquetas mal cocidas. En primer lugar, se encuentra piezas descosidas con un total de 58% de fallas siendo este el primer defecto más crítico, seguido por etiquetas mal cosidas con un total de 28,1% del total de defectos, dejando en último lugar a las costuras flojas con un total de 13,2%, siendo este el defecto menos frecuente en la fabricación de zapatillas día a día.

Carta de control

Con la finalidad de analizar la variabilidad existente en el proceso de aparado se aplicó la herramienta Carta de control para atributos. En tal virtud se procede a inspeccionar más de cerca el proceso y para ello se analiza una muestra de n = 110 pares (Anexo G). Para mejorar la precisión de la inspección, se transformaron de pares a unidades, obteniendo un valor total de muestra de 220. El número total de muestras corresponden a 20 tomadas durante el mes de observación, 1 por día únicamente en días laborables. Como n es un dato constante, la cantidad de productos defectuosos en cada muestra es posible analizar mediante una carta np (número de defectuosos). Esto debido a que, en muchas ocasiones, el número de defectos permite cuantificar de una manera directa el dinero que se está perdiendo en el proceso.

Para determinar los límites, se requiere calcular la media y la desviación estándar de las unidades defectuosas d_i suponiendo que se cuenta con una distribución binomial:

$$u_{di} = np \; y \; \sigma_{di} = \sqrt{np(1-p)}$$

Donde:

n = tamaño de subgrupo

p = promedio de productos con defectos

La expresión p viene dada por la siguiente fórmula:

$$p = \frac{Total\ de\ artículos\ defectuosos}{Piezas\ inspeccionadas * Número\ de\ muestras}$$

$$p = \frac{114}{220 * 20}$$

$$p = 0{,}0259$$

De esta forma los límites de control para la carta np viene dada por las siguientes Ecuaciones 4 y 5 respectivamente:

$$LCS = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LCS = 220 * 0{,}0259 + 3\sqrt{220 * 0{,}0259(1 - 0{,}0259)}$$

$$LCS = 12{,}77$$

$$Línea\ central = np$$

$$np = 220 * 0{,}0259 = 5{,}7$$

$$LCI = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LCS = 220 * 0{,}0259 - 3\sqrt{220 * 0{,}0259(1 - 0{,}0259)}$$

$$LCS = 0$$

En la Tabla 40 se muestra los datos recopilados los cuales son: número de muestras, tamaño de cada muestra, cantidad de unidades defectuosas y límites de control.

Tabla 40. Datos para la carta np (proceso de aparado)

Número de muestra	Tamaño de muestra (unidades)	Unidades defectuosas	LCS	LC	LCI
1	220	13	12,769	5,7	0
2	220	8	12,769	5,7	0
3	220	5	12,769	5,7	0
4	220	5	12,769	5,7	0
5	220	6	12,769	5,7	0
6	220	9	12,769	5,7	0
7	220	6	12,769	5,7	0
8	220	3	12,769	5,7	0

Número de muestra	Tamaño de Muestra (unidades)	Unidades defectuosas	LCS	LC	LCI
9	220	7	12,769	5,7	0
10	220	4	12,769	5,7	0
11	220	11	12,769	5,7	0
12	220	7	12,769	5,7	0
13	220	4	12,769	5,7	0
14	220	2	12,769	5,7	0
15	220	3	12,769	5,7	0
16	220	8	12,769	5,7	0
17	220	6	12,769	5,7	0
18	220	1	12,769	5,7	0
19	220	2	12,769	5,7	0
20	220	4	12,769	5,7	0
Total artículos defectuosos		114			

En la Figura 62 se observan los puntos obtenidos de cada subgrupo juntamente con los límites de control que para este caso son los mismos para todos los subgrupos.

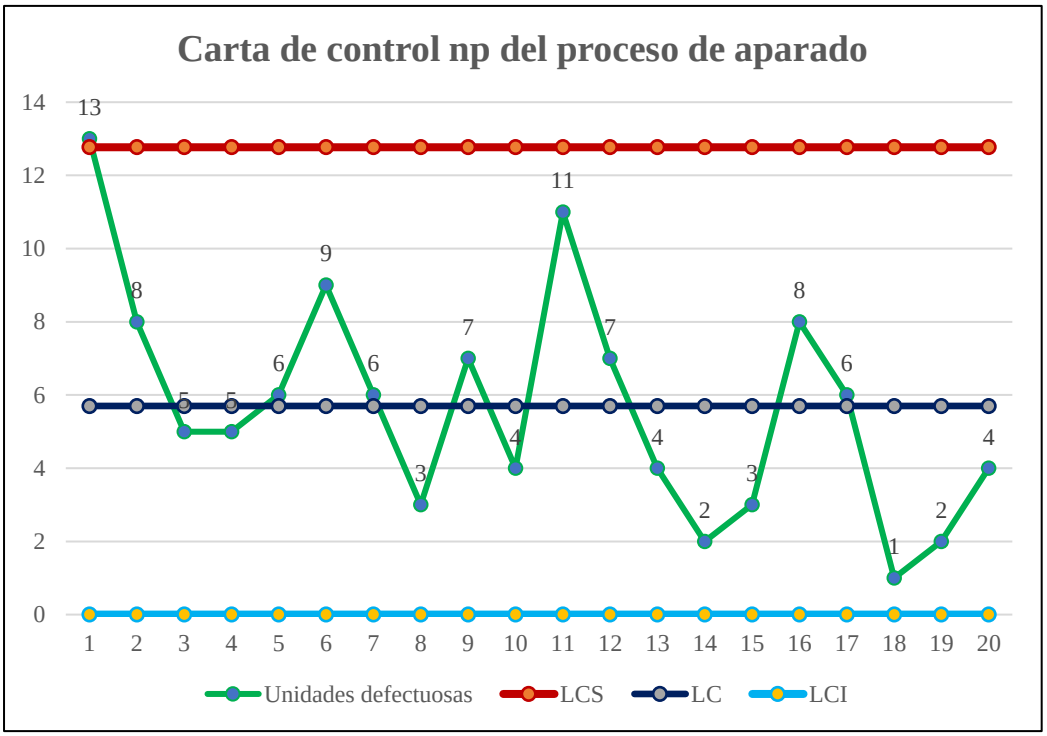


Figura 62. Carta de control np (aparado)

Análisis e interpretación

En la carta de control np que se ha obtenido del proceso de aparado se aprecia que actualmente no se encuentra funcionando de forma estable debido a que el número de piezas con defectos en la muestra del subgrupo 1 es mayor que el límite superior, con 13 unidades con falla siendo que el límite superior es de 12,769 se lo considera como inestable.

De la carta de control también se obtiene evidencia objetiva de que en la producción del subgrupo 1 existió ciertas situaciones, las cuales por lo general no se encuentran presentes en el aparado y que por esta misma razón ese día empeoró y se obtuvo como resultado unidades defectuosas sobre el límite superior.

Índice de inestabilidad S_t

El presente índice permite medir que tan inestable es un proceso de forma mucho más exacta, dicho dato se obtiene de la Ecuación 6 como consecuencia de dividir la cantidad de puntos especiales y el total de puntos graficados en la carta de control

$$S_t = \frac{Número\ de\ puntos\ especiales}{Total\ de\ puntos\ graficados} * 100$$

$$S_t = \frac{1}{20} * 100$$

$$S_t = 5\%$$

Según la gráfica de control obtenida, se tienen una inestabilidad del 5% debido a que se cuenta con 1 punto especial sobre los 20 graficados. De acuerdo con el libro de Control estadístico de Humberto Gutiérrez se considera que un valor que fluctúa de 0 a 2% corresponde a procesos que cuenta con una estabilidad bastante sólida, mientras que, si se cuenta con valores entre el 2 y 4% posee una estabilidad regular, y en la medida de que el índice supere dichos valores se cuenta con ciertos niveles de inestabilidad. Dicho esto, como el proceso cuenta con un 5% significa que efectivamente se encuentra con una inestabilidad baja, pera existe, por lo tanto, será necesario tomar consideraciones para reducir los defectuosos en el proceso.

- **Plantado**

Considerado como el segundo proceso más crítico dentro del contexto mencionado. Contribuye significativamente con unidades defectuosas, exhibiendo un porcentaje del 26,7% de productos con fallas detectadas en la línea de producción observados durante 1 mes según se detalla en la Tabla 25. Este proceso se caracteriza por la presencia de 2 tipos de defectos, los cuales se presentan en la Tabla 41 a través de la cual se identificó los defectos que aparecen con mayor frecuencia.

Por otro lado, en el Figura 63 se muestra el diagrama de Pareto, el cual se utilizó para identificar de forma precisa el defecto crítico.

Tabla 41. Defectos en el proceso de plantado

Defectos	Frecuencia (unidades)	% Part.	% Part. Acum.
Manchas de adhesivos	54	78,3%	78,3%
Plantas incorrectas	15	21,7%	100,0%
TOTAL	69	100,0%	

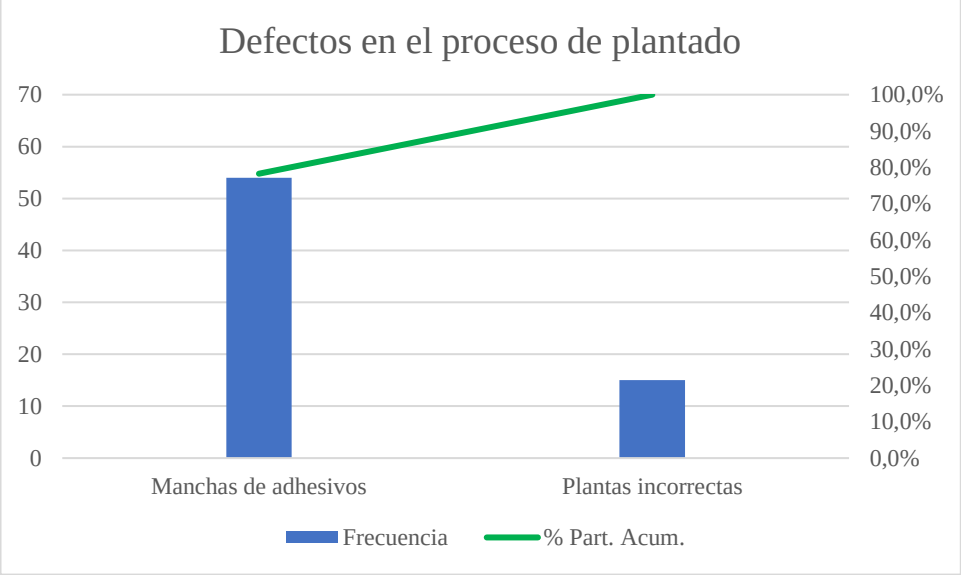


Figura 63. Diagrama de Pareto (proceso de plantado)

Análisis e interpretación

Según el diagrama de Pareto expuesto en la Figura 63, el 78,3% de las fallas que se producen en el proceso de plantado durante el mes de observación, corresponden a manchas de adhesivos catalogándolo de esta manera como el defecto crítico de este proceso. En segundo lugar, se encuentra el defecto por plantas incorrectas con un total de 21,7% del total de defectos, el cual aparece con una frecuencia de 15 unidades, la misma que no es significativa en comparación con el primer defecto, sin embargo, requiere de igual atención debido a que también aporta con defectos para la línea de producción.

Carta de control

Para analizar más de cerca el segundo proceso más crítico también se aplica una carta de control para tributos aplicando las mismas características del proceso anterior (muestra n = 110 pares de zapatillas o 220 unidades, 20 muestras o subgrupos tomadas durante el mes de observación). Dado que n también es constante es posible analizar mediante una carta np (número de defectuosos).

Las fórmulas para determinar los límites de control son las mismas que se encuentran detalladas en el proceso de aparado. En la Tabla 42 se muestra los datos recopilados que incluye el número de muestras, el tamaño de cada muestra, la cantidad de unidades defectuosas y los límites de control.

Tabla 42. Datos para la carta np (proceso de planatado)

Número de muestra	Tamaño de muestra en unidades (n)	Unidades defectuosas (d)	LCS	LC	LCI
1	220	5	8,978	3,45	0
2	220	2	8,978	3,45	0
3	220	4	8,978	3,45	0
4	220	3	8,978	3,45	0
5	220	3	8,978	3,45	0
6	220	3	8,978	3,45	0
7	220	5	8,978	3,45	0
8	220	2	8,978	3,45	0
9	220	4	8,978	3,45	0
10	220	5	8,978	3,45	0

Número de muestra	Tamaño de muestra en unidades (n)	Unidades defectuosas (d)	LCS	LC	LCI
11	220	6	8,978	3,45	0
12	220	3	8,978	3,45	0
13	220	5	8,978	3,45	0
14	220	0	8,978	3,45	0
15	220	2	8,978	3,45	0
16	220	4	8,978	3,45	0
17	220	2	8,978	3,45	0
18	220	5	8,978	3,45	0
19	220	3	8,978	3,45	0
20	220	3	8,978	3,45	0
TOTAL		69			

En la Figura 64 se observan los puntos obtenidos de cada subgrupo juntamente con los límites de control que para este caso también son los mismos para todos los subgrupos.

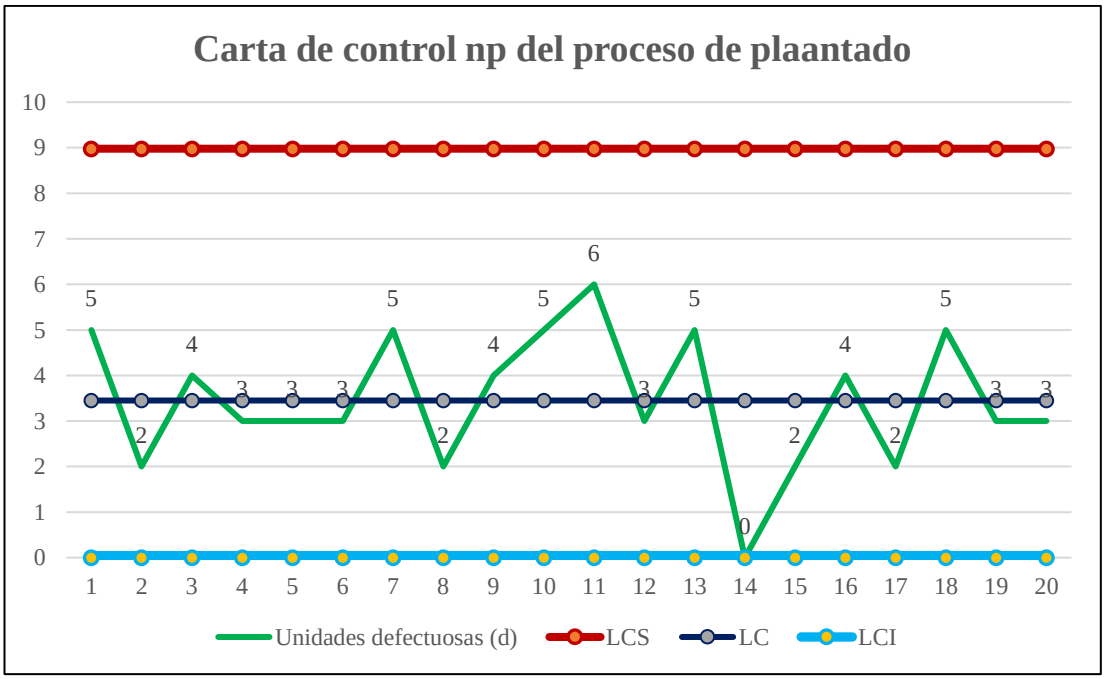


Figura 64. Carta de control np para el proceso de plantado

La carta de control np para el proceso de plantado expuesta en la Figura 64, reveló aspectos significativos. El proceso actualmente se encuentra funcionando de forma estable debido a que el número de piezas defectuosas no superan los límites tanto superior como inferior. También se observa en el gráfico que en la producción del subgrupo 14 existió ciertas causas o situaciones especiales que mejoraron el

desempeño del proceso, por lo tanto, es necesario identificar las causas que estuvieron presentes ese día con el objetivo de promoverlas en los días subsiguientes

Índice de inestabilidad S_t

Teóricamente el índice de inestabilidad para el proceso de plantado es igual a 0, dado que no se cuenta con puntos especiales definidos en los datos recopilados en el mes de observación, pero en la práctica este dato podría variar.

f. Nivel de calidad Six Sigma

- **Proceso de Aparado**

Con la finalidad de evaluar y controlar la eficacia actual de los procesos productivos, y considerando que los productos siguen una distribución binomial (defectuosos o no defectuoso) sin importar el número total de defectos por producto, se determina la métrica denominada partes por millón (ppm) a través de la cual se obtuvo el número total de defectuosos por cada millón de unidades producidas.

Para determinar las partes por millón se utiliza la Ecuación 7 además de los datos de la Tabla 25.

$$ppm_a = \frac{114}{4400} * 1000000$$

$$ppm_a = 25909$$

Esto quiere decir que, de un millón de unidades fabricadas, 25909 unidades tendrán defectos. Con el dato exacto calculado, es posible determinar el nivel de calidad sigma, para lo cual se realiza una relación entre ppm con el nivel de calidad mediante la Figura 11.

Debido a que no existen valores exactos para determinar el nivel de calidad Zc para las partes por millón calculadas, es necesario realizar una interpolación a través de la Ecuación 8 mediante el uso de los datos de la Figura 11 entre los cuales se encuentra el nivel de calidad correspondiente.

$$x = 25909;\ x_1 = 2700;\ x_2 = 45500;\ y_1 = 3;\ y_2 = 2$$

$$y = 3 + \frac{25909 - 2700}{45500 - 2700} * (2 - 3)$$

$$y = 2{,}46$$

$$Zc_a = 2{,}46$$

Dado que se obtienen un valor de 2,46 para el nivel de calidad sigma, se considera que el proceso se encuentra bordeando tres sigmas catalogadas como un estándar básico aceptable en procesos convencionales, pero que no son suficientes debido a la alta competencia existente en el mercado actual.

Eficiencia Yield

Para determinar la eficiencia del proceso en términos de la proporción de productos terminados que cumplen con las especificaciones y que son considerados productos de calidad aceptable se determina el índice Yield. Al no contar con datos exactos de la eficiencia Yeild para el nivel de calidad encontrado en este proceso, se realiza una interpolación entre los siguientes datos mediante la Tabla 2.

$$x = 2{,}46;\ x_1 = 2{,}4;\ x_2 = 2{,}5;\ y_1 = 81{,}6;\ y_2 = 84{,}1$$

$$y = 81{,}6 + \frac{2{,}46 - 2{,}4}{2{,}5 - 2{,}4} * (84{,}1 - 81{,}6)$$

$$yield_a = 83{,}1$$

Considerando la eficiencia del rendimiento (Yield) de los productos finales que cumplen con las especificaciones y carecen de defectos, se observó que, idealmente, se debería alcanzar un rendimiento cercano al 100%. Sin embargo, debido a las variaciones inherentes en los procesos, actualmente se registró un rendimiento del 83.1%. Este desvío con respecto al rendimiento óptimo indica la necesidad de abordar y mejorar continuamente este índice.

- **Proceso de Plantado**

Con la finalidad de evaluar y controlar la eficacia actual de los procesos productivos, y considerando que los productos siguen una distribución binomial (defectuosos o no

defectuoso) sin importar el número total de defectos por producto, se determina la métrica denominada partes por millón (ppm) para el proceso de plantado a través de la cual se obtuvo el número total de defectuosos por cada millón de unidades producidas.

Para determinar las partes por millón se utiliza la Ecuación 7 además de los datos de la Tabla 25.

$$ppm_p = \frac{69}{4400} * 1000000$$

$$ppm_p = 15682$$

Esto quiere decir que, de un millón de unidades fabricadas, 15682 unidades tendrán defectos. Con el dato exacto calculado, se determinó el nivel de calidad sigma, para lo cual se realizó una relación entre ppm con el nivel mediante la Figura 11.

Debido a que no existen valores exactos para determinar el nivel de calidad Zc para las partes por millón calculadas, es necesario realizar una interpolación a través de la Ecuación 8 mediante el uso de los datos de la Figura 11 para ppm y los datos de Z_C entre los cuales se encuentra el nivel de calidad correspondiente.

$$x = 15682;\ x_1 = 2700;\ x_2 = 45500;\ y_1 = 3;\ y_2 = 2$$

$$y = 3 + \frac{15682 - 2700}{45500 - 2700} * (2 - 3)$$

$$y = 2{,}70$$

$$Zc_p = 2{,}70$$

Dado que se obtuvo un valor de 2,70 para el nivel de calidad sigma, se considera que el proceso de plantado se encuentra bordeando tres sigmas catalogadas como un estándar básico aceptable en procesos convencionales, pero que no son suficientes debido a la alta competencia existente en el mercado actual.

Eficiencia Yield

Para determinar la eficiencia del proceso en términos de la proporción de productos terminados que cumplen con las especificaciones y que son considerados productos de calidad aceptable se determina el índice Yield.

Basándose en los datos de la Tabla 2, para un nivel de calidad de 2,70 sigma se estima un 88,5% de eficiencia.

Considerando este porcentaje como productos finales que cumplen con las especificaciones y carecen de defectos, observamos que, idealmente, deberíamos alcanzar un rendimiento cercano al 100%. Sin embargo, debido a las variaciones inherentes en los procesos, actualmente estamos registrando un rendimiento del 88,5%. Este desvío con respecto al rendimiento óptimo indica la necesidad de abordar y mejorar continuamente este índice.

$$yield_p = 88{,}5\%$$

- **Resumen del nivel sigma**

El nivel de calidad sigma muestra una medida de la capacidad de un proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. Se deriva del concepto de desviación estándar la cual mide la variabilidad del proceso. En la Tabla 43 se expone los valores recopilados de los procesos críticos encontrados:

Tabla 43. Resúmen del nivel de calidad sigma

Proceso	ppm	Nivel Sigma	Rendimiento
Aparado	25909	2,46	83,1%
Plantado	15682	2,70	88,5%
Promedio		2,58	85,8%

De la anterior tabla se observa el nivel de calidad sigma, su rendimiento respectivo y la ppm encontradas en cada uno de los procesos determinados como los más críticos en la línea de producción. El proceso de aparado cuenta con 2,46 σ con un porcentaje

de rendimiento del 83,1% mientras que el proceso de plantado posee valores de 2,70 σ y un rendimiento del 88,5%.

De acuerdo con los valores de sigma obtenidos en promedio, estos muestran la situación en la que se encuentran los procesos los mismos que se encuentran bordeando los 3 σ considerados como un valor estándar básico para una organización con un rendimiento promedio del 85,8% razón por la cual es necesario implementar métodos que permitan mejorar la calidad de los procesos reduciendo la variabilidad en los mismos.

3.2.3. Fase ANALIZAR

En la tercera etapa de DMAIC, se desarrolló el análisis de cada uno de los datos que se obtuvieron previamente en la etapa "Medir" con el objetivo de identificar cuáles son las causas principales que generan defectos de mayor recurrencia.

La información obtenida en esta etapa faculta la posibilidad de identificar de forma precisa las fuentes exactas de variación lo que nos permite establecer métodos de mejora para cada uno de los procesos productivos más conflictivos.

a. Análisis de las causas que originan el defecto potencial en cada proceso crítico

- **Proceso de aparado**

Para tener un mejor panorama y comprensión acerca de las causas potenciales que originan la aparición del defecto que predomina y aparece con mayor frecuencia denominado como piezas descosidas previamente identificado mediante un diagrama de Pareto, en el proceso de aparado (considerado como el primer más crítico), se empleó la herramienta causa-efecto a fin de poder clasificar y categorizar de una forma lógica las causas potenciales del problema. En la Figura 65 se exhibe el diagrama causa-efecto del proceso de aparado el cual fue desarrollado mediante la recopilación de ideas y puntos de vista de los 3 operadores encargados del presente proceso. En este se observa que las causas criticas para el presente defecto (piezas descosidas) está relacionado directamente en la mano de obra y la materia prima, considerando a estos como factores vulnerables debido a que son los que más influyen en las actividades diarias hasta obtener un producto final

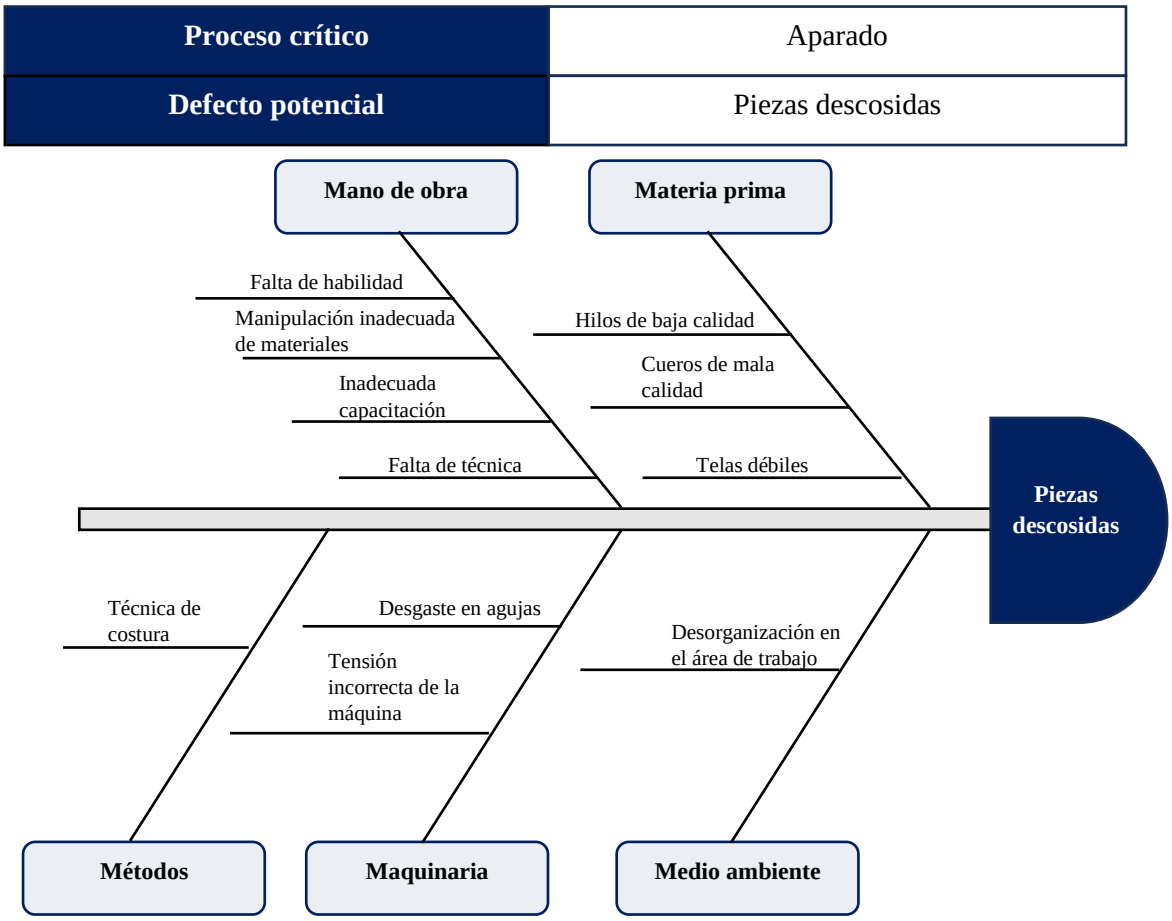


Figura 65. Diagrama causa-efecto de piezas descosidas

- **Proceso de plantado**

Para tener un mejor panorama y comprensión acerca de las causas potenciales que originan la aparición del defecto que predomina y aparece con mayor frecuencia denominado como manchas de adhesivos previamente identificado mediante un diagrama de Pareto, en el proceso de plantado (considerado como el segundo más crítico), se empleó la herramienta causa-efecto a fin de poder clasificar y categorizar de una forma lógica las causas potenciales del problema.

En la Figura 66 se exhibe el diagrama causa-efecto del plantado el cual fue desarrollado mediante recopilación de ideas y puntos de vista de los 3 operadores encargados del proceso. En este se observa que las causas criticas para el presente defecto (manchas de adhesivos) está relacionado con la mano de obra y la materia prima, considerando a estos como factores vulnerables debido a que son los que más influyen en las actividades diarias hasta obtener un producto final

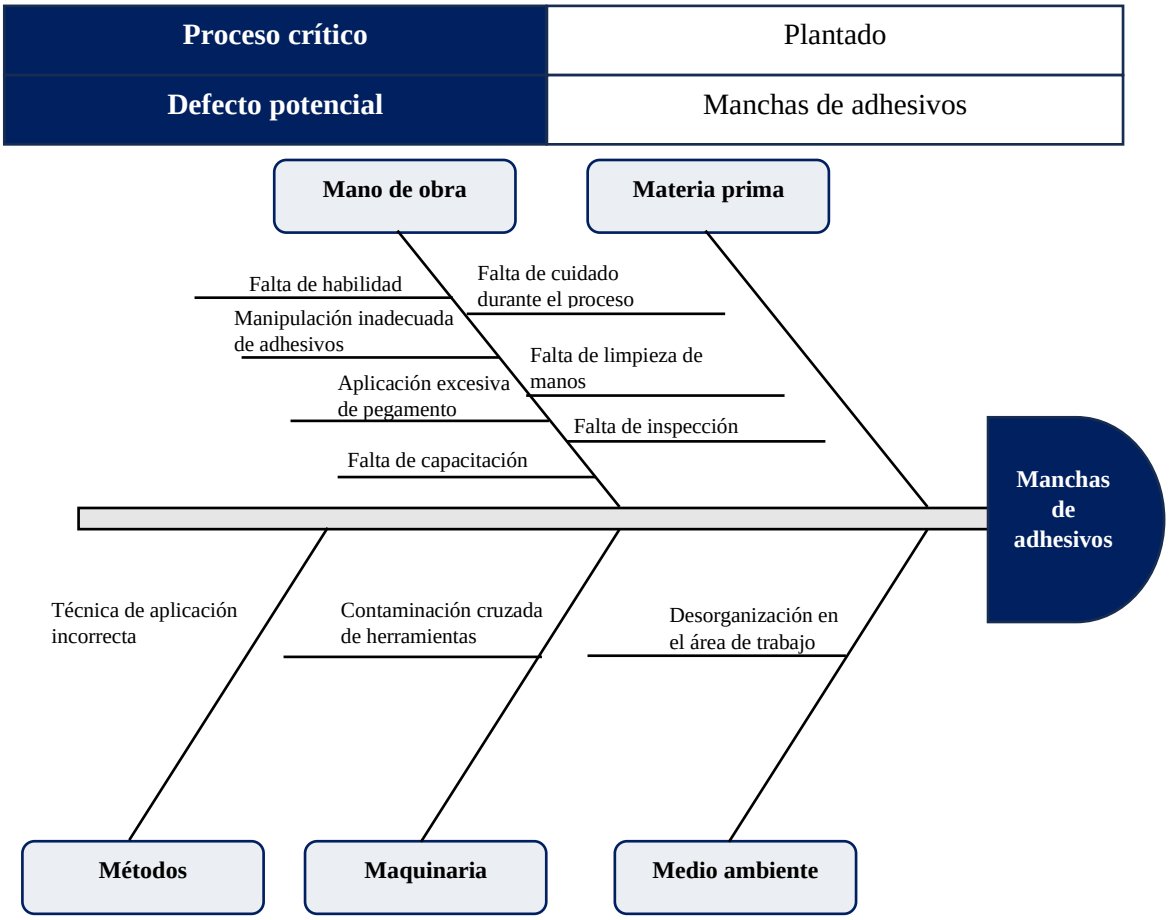


Figura 66. Diagrama causa-efecto del proceso de plantado

b. Análisis de modo y efecto d falla (AMEF)

Con el propósito de verificar la calidad en la definición de las causas potenciales y determinar si se encuentran bien definidas, se llevó a cabo la elaboración de una matriz AMEF para los dos procesos críticos, específicamente aparado y plantado. Mediante esta herramienta se identificó, evaluó y priorizó los riesgos asócialos a los distintos modos de falla potenciales. Cabe recalcar que esta metodología también permitió la focalización en los riesgos de mayor criticidad en términos de calidad al proporcionar un enfoque estructurado y sistemático a través de la puntuación y multiplicación de la severidad, ocurrencia y detección, obteniendo un numero de prioridad de riesgo (NPR). En la Tabla 44 se expone la matriz AMEF de los procesos de aparado y plantado.

Tabla 44. Matriz AMEF

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (POOL SPORT)																
Proceso		Fabricación de calzado deportivo			Producto ofertado:		Sport plásticos (niño)			Código	MMEF-FPS-01	Página: 1/2				
Elaborado por		El investigador			Revisado por		Ing. Mauricio López			Fecha AMEF:						
Función del proceso	Modo de falla	Efecto(s) de falla	SEV	Causa de la falla	OCU	Controles del proceso para detección	DET	NPR	Acciones contingentes	Responsable	Resultados de acciones					
											Acciones tomadas	SEV	OCU	DET	NPR	
Aparado	Piezas descocidas	Costuras en lugares incorrectos	3	Falta de habilidad	7	Observada pero no documentada	9	189	Formación al personal							
		Costuras desalineadas	3	Manipulación inadecuada de materiales	6	Observada pero no documentada	8	144	Formación al personal							
		Productos defectuosos	5	Inadecuada capacitación	4	Observada pero no documentada	9	180	Formación al personal							
		Costuras mal ejecutadas	5	Falta de técnica	6	Observada pero no documentada	8	240	Formación al personal							
		Costuras desgarradas	5	Hilos de baja calidad	5	Observada pero no documentada	7	175	Contactar al proveedor							
		Poca o mucha penetración del hilo	4	Cuero de mala calidad	6	Observada pero no documentada	7	168	Contactar al proveedor							
		Costuras rotas	5	Desgaste de agujas	4	Observada pero no documentada	8	160	Chequear y cambiar periódicamente							
		Costuras sueltas	4	Tensión incorrecta de la máquina	5	Observada pero no documentada	7	140	Inspeccionar y ajustar máquinas							
		Costuras hechas con prisa	2	Desorganización en el área de trabajo	7	Observada pero no documentada	7	98	Auditorias reculares							

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (POOL SPORT)																
Proceso		Fabricación de calzado deportivo			Producto ofertado:		Sport plásticos (niño)			Código	MMEF-FPS-02	Página: 2/2				
Elaborado por		El investigador			Revisado por		Ing. Mauricio López			Fecha AMEF:						
Proceso	Modo de falla	Efecto(s) de falla	SEV	Causa de la falla	OCU	Control del proceso para detección	DET	NPR	Acciones contingentes	Responsable	Resultados de acciones					
											Acciones tomadas	SEV	OCU	DET	NPR
Plantado	Manchas de adhesivos	Manchas en capellada	3	Falta de habilidad	9	Observada pero no documentada	8	216	Formación al personal							
		Manchas en las plantas	4	Manipulación inadecuada de adhesivos	8	Observada pero no documentada	7	224	Formación al personal							
		Manchas en los laterales	2	Aplicación excesiva de pegamento	7	Observada pero no documentada	8	112	Formación al personal							
		Manchas por pegamento aplicado desigualmente	3	Falta de capacitación	7	Observada pero no documentada	9	189	Formación al personal							
		Manchas en interiores	3	Falta de cuidado	6	Observada pero no documentada	9	162	Formación al personal							
		Grumos de pegamento	3	Falta de limpieza	5	Observada pero no documentada	8	120	Capacitar al personal							
		Manchas por residuos	3	Falta de inspección	6	Observada pero no documentada	8	144	Chequear diariamente							
		Manchas en las suelas	4	Contaminación cruzada	8	Observada pero no documentada	8	256	Inspeccionar periódicamente							
		Manchas por derrames	2	Desorganización en el área de trabajo	5	Observada pero no documentada	8	80	Auditorías regulares							

Análisis e interpretación de la matriz AMEF

En la Tabla 44 se observa que las principales causas que generan variaciones en el proceso de aparado para el modo potencial de falla “piezas descosidas” son principalmente atribuibles a una variedad de aspectos que incluyen la falta de técnica, falta de habilidad, inadecuada capacitación, materiales de mala calidad, desgaste de agujas, manipulación inadecuada de materiales y tensión incorrecta de las máquinas de coser las cuales se encuentran ordenadas de mayor a menor importancia según lo determinado en la matriz de evaluación de riesgos, la cual estableció este resultado en base al número potencial de riesgo, en donde se identifica y categoriza los efectos y causas según la severidad, la ocurrencia y la determinación. Por lo tanto, resulta fundamental implementar acciones correctivas destinadas a controlar y reducir los riesgos o defectos identificados, de acuerdo con la prioridad asignada.

En cuanto al proceso de plantado, también se identificaron las principales causas que generan variaciones para el modo potencial de falla “manchas de adhesivos” las cuales son atribuibles a factores como contaminación cruzada, manipulación inadecuada de adhesivos, falta de habilidad, falta de capacitación, falta de cuidado, falta de inspección y falta de limpieza. Dichas causas se encuentran ordenadas de mayor a menor importancia según lo determinado en la matriz AMEF, misma que estableció dichos resultados en base al número potencial de riesgos calculados a través de los criterios de valoración del Anexo I.

c. Elaboración de un esquema para la recopilación de datos

El objetivo principal del esquema para la recopilación de datos es la obtención exhaustiva de todos los datos disponibles provenientes de los procesos productivos investigaos en las fases anteriores. Esto se lleva a cabo con el propósito de identificar las variables que inciden directamente en las “Y”, es decir en la satisfacción de las partes interesadas del presente proyecto.

En la Tabla 45 se detallan los modos de fallo más relevantes presentes en el proceso de aparado y plantado, los cuales constituyen el enfoque primordial del estudio.

Tabla 45. Factores sujetos a medición

Función del proceso	CTQ's	Frecuencia	% Participación
Aparado	Piezas descosidas	67	37%
Plantado	Manchas de adhesivos	54	66%
Aparado	Etiquetas mal cosidas	32	84%
Aparado	Costuras flojas	15	92%
Plantado	Plantas incorrectas	15	100%

A continuación, se presenta el Esquema para la recopilación de datos como parte integral de la evaluación de los parámetros de interés, considerando los críticos para la calidad obtenidos en fases anteriores.

Cabe recalcar que en el esquema se abordó todos los defectos presentes en cada proceso, sin embargo, debido a limitaciones relacionadas con el factor tiempo, el presente estudio se centró únicamente en los modos de fallos potenciales descritos en la matriz AMEF, considerando que estos aportan con la mayor cantidad de defectos presentes en el proceso con un valor del 66% de frecuencia acumulada del total encontrados según la Tabla 45.

El esquema de recopilación cuenta con información relevante a través de la cual se detalla factores importantes como: "que se va a medir", incluyendo aspectos como: el sujeto a medir, el tipo de medición y el tipo de dato.

Por otra parte, se cuenta con otro factor importante relacionado con el "Cómo medir", en donde se registra información relacionada con aspectos como: que medirá, como se medirá, donde se medirá y cuentas veces se medirá.

Finalmente se detalla el responsable o encargado de llevar a cabo cada una de las acciones establecidas en el esquema. Es importante mencionar que dicha información permite obtener acciones y métodos relacionadas con posibles formas de controlar dichos defectos a fin de reducirlos de forma eficaz.

En la Tabla 46 se expone el esquema completo de todas las acciones y datos recopilados:

Tabla 46. Esquema de recopilación de datos

ESQUEMA DE RECOPILACIÓN DE DATOS								
Objetivo de la recopilación de datos: "Recabar información de los procesos con el fin de identificar las variables que inciden en la calidad de los productos								
Qué medir				Cómo medir				
Medición	Tipo de medición	Tipo de dato	Subgrupo	Definición operacional		Plan de muestreo		Recopilación
				Qué	Cómo	Dónde	Cuentas veces	Encargado
Descosidos (aparado)	Salida	Discreto		Piezas descosidas	Observación Anexo J	Salida del área de aparado	Diariamente (16:00 h)	Jefe de producción
Posición (aparado)	Salida	Discreto		Encuadre de etiquetas	Observación Anexo J	Salida del área de aparado	Dos veces por día (12:00 h – 16:00 h)	Jefe de producción
Costuras flojas (aparado)	Salida	Discreto		Piezas sueltas o separadas	Observación Anexo J	Salida del área de aparado	Diariamente (17:00 h)	Jefe de producción
Manchas (plantado)	Salida	Discreto		Cortes manchados	Observación Anexo J	Salida del área de plantado	Diariamente (17:00 h)	Jefe de producción
Plantas incorrectas (plantado)	Salida	Discreto		Plantas o suelas de un tipo colocadas en otro	Observación Anexo J	Salida del área de plantado	Dos veces por día (12:00 h – 16:00 h)	Jefe de producción

De la anterior tabla se destaca información pertinente que posibilita la realización de análisis detallados sobre aspectos clave para identificar técnicas destinadas a inspeccionar y controlar la producción de los defectos potenciales. Este análisis parte desde el punto de origen de los defectos el cual se enfoca en las salidas de cada proceso crítico, el tipo de dato, la técnica e instrumento para medir, en donde se propuso un instrumento para la observación de datos denominada hoja de verificación (Anexo J), la cual se encuentra desarrollada siguiendo el formato establecido por Humberto Gutiérrez Pulido en su libro control estadístico de la calidad y seis sigma, esto con el propósito de registrar la frecuencia de los modos de falla potenciales y tomar medidas.

d. Recolección de datos

La adquisición de datos implica fundamentalmente llevar a cabo la medición de los CTQ's especificados en el esquema de recopilación de datos. la implementación adecuada del sistema de medición posibilitará supervisar de manera continua el proceso de producción de calzado deportivo, tanto antes como después de la implementación de mejoras, basándose en un análisis objetivo y preciso.

A continuación, en la Tabla 47 se detalla todos los aspectos relacionados con el aseguramiento de la medición.

Tabla 47. Recopilación de datos

Crítico para la calidad CTQ's	Descripción de la población y muestra	Actividades para realizar	Etapa	Frecuencia de medición	Responsable
Nivel de calidad: ppm, sigma, NPR	110 pares fabricados	Garantizar la adecuada captura de las mediciones y de la matriz AMEF	Durante la fase de producción: información de los procesos	Cada tres meses	Jefe de producción
Satisfacción de los clientes internos	9 clientes internos	Emplear el formulario de encuesta y garantizar la captura de las mediciones	Tras la conclusión de cada etapa de los procesos	Mensual	Jefe de producción
Cumplimiento de los requisitos de los clientes externos	5 clientes externos	Emplear el formulario de encuesta y garantizar la captura de las mediciones	Tras cumplir un mes de entrega de las docenas	Cada tres meses	Jefe de producción

3.2.4. Fase MEJORAR

La cuarta etapa del proceso DMAIC, se centra en el diseño y desarrollo de soluciones destinadas a abordar los problemas identificados. La presente etapa se enfoca en la eliminación de las causas raíz que generan defectos identificados durante las fases anteriores, en donde se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo y se ha confirmado mediante estudios estadísticos que las variables están correlacionadas con la baja calidad de las zapatillas. Por lo tanto, en esta etapa, se proponen soluciones específicas para los procesos críticos involucrados. Es fundamental destacar que estas propuestas

deben ser aprobadas previamente para garantizar una mejora efectiva y eficiente en el proceso de fabricación de calzado deportivo.

El grupo de trabajo encargado debe identificar previamente las causas potenciales que están generando los defectos críticos encontrados en los procesos de aparado y plantado. Para ello, se requiere organizar reuniones durante las cuales se generen ideas de manera estructurada utilizando la técnica de lluvia de ideas. Dichas sesiones están destinadas a proponer soluciones pertinentes a los problemas identificados basándose en la matriz de análisis de modo y efecto de falla AMEF, la cual proporciona una descripción precisa y detallada de los factores potenciales que impactan en la producción de productos con niveles de calidad poco satisfactorios.

a. Establecimiento de las alternativas de mejora

Con el propósito de identificar las alternativas de mejora más adecuadas, es esencial considerar dos aspectos fundamentales: a corto y largo plazo.

En el ámbito técnico, el término “a corto plazo” se refiere al análisis de la variabilidad de los procesos y la calidad del producto en un período de tiempo relativamente breve. El objetivo principal es garantizar que, durante este período, la variación en los procesos se mantenga dentro de límites aceptables y que los productos cumplan con las especificaciones de calidad establecidas, mientras que “a largo plazo” hace referencia a la evaluación de la variabilidad y la calidad del producto a lo largo de múltiples períodos de tiempo. Este enfoque permite identificar tendencias, patrones y problemas crónicos en los procesos de producción que pueden no ser evidentes en un análisis a corto plazo.

El grupo de trabajo está enfocado en determinar resultados únicamente corto plazo debido a factores limitantes relacionados con el tamaño de la empresa y a las condiciones actuales de la misma para realizar inversiones costosas en posibles soluciones. Mediante el análisis de las variables del proceso a corto plazo, se pretende obtener soluciones que permitirán corregirlas además de determinar posibles cambios en los procesos. Cabe recalcar que todo este análisis permitirá realizar un plan de mejora a largo plazo a futuro.

En la Tabla 48, se detalla las posibles alternativas de mejora que se han propuesto para cada una de las causas raíz que contribuyen en la generación de productos defectuosos.

Tabla 48. Alternativas de mejora

Causa raíz	Alternativa	Herramientas	Periodo de implementación	Responsable
Mano de obra	Capacitación de empleados y jefe de producción	Programas de formación tanto teóricos como prácticos, tanto dentro de la organización como fuera de ella.	Corto plazo	Gerente general y especialistas técnicos externos
	Selección de empleados	Pruebas de aparado	Corto plazo	Gerente general y jefe de producción
		Pruebas de manejo de máquinas de coser		
		Pruebas de manejo de maquinaria y equipo para plantado		
	Inspecciones durante el desarrollo de actividades	Registro de producción	Corto plazo	Jefe de producción
		Inspección de campo (lista de verificación)		
		Gráficas de control		
Materia prima	Control de materia prima	Inspección en la recepción	Corto plazo	Jefe de producción y bodeguero
	Registro y documentación	Registro detallado de proveedores y lotes de materia prima recibidos	Corto plazo	Gerente y jefe de producción
	Retroalimentación con proveedores	Agendas para reuniones periódicas con proveedores	Corto plazo	Gerente y jefe de producción
Herramientas	Control de forma periódica de las herramientas	Programa de inspecciones periódicas	Corto plazo	Jefe de producción y bodeguero

A continuación, se presenta únicamente un análisis detallado de las soluciones propuestas en la Tabla 48 para abordar las causas principales que resultan en defectos en la producción de calzado deportivo:

1) Capacitación a empleados y jefe de producción: consiste en diseñar un programa de formación o capacitación a través del cual sea posible brindar la formación necesaria a cada miembro del área operativa y dirigentes, las competencias necesarias para mejorar sus habilidades y conocimientos relacionadas con las tareas específicas que desempeñan día a día y otras relevantes de procesos diferentes. El objetivo es obtener un personal polifuncional capaz de desempeñar diversas actividades sin interrumpir la producción.

2) Selección de empleados: la selección de empleados consiste en desarrollar pruebas específicas relacionadas a cada actividad para la cual se requiere el personal, esto con la finalidad de visualizar la forma de trabajo y la experiencia demostrada en el campo. Dichas pruebas permiten seleccionar únicamente al personal con la experiencia necesaria para llevar a cabo cada una de las actividades que forman parte del proceso, cabe recalcar que esta actividad también permite identificar quienes requieren de una capacitación en la cual se pueda mejorar sus habilidades.

3) Inspecciones durante el desarrollo de actividades: con el propósito de detectar la presencia de variabilidad en la ejecución de actividades, se implementa inspecciones o controles de calidad eficientes. Estas medidas posibilitan la identificación temprana de desviaciones en los procesos, lo que a su vez permite la aplicación de herramientas adecuadas para mitigar la aparición de productos defectuosos al termino de cada etapa.

La detección temprana de cualquier variabilidad en el desarrollo de las actividades proporciona una base sólida para la implementación de herramientas de mejora continua, tales como técnicas de control estadístico de la calidad y metodologías de mejora de procesos como Six Sigma.

4) Control de materia prima: esto con el propósito de realizar inspecciones de carácter riguroso durante el proceso de recepción de materia prima. Estas inspecciones se orientan hacia la detección temprana de lotes de materiales que puedan presentar deficiencias o deterioro, con el objetivo de prevenir su incorporación en el proceso de producción.

La implementación de inspecciones durante el proceso de recepción de materia prima permite una evaluación minuciosa de la calidad y estado de los materiales recibidos.

Esto posibilita la adopción de medidas preventivas para evitar su procesamiento, salvaguardando la integridad de los productos finales, mitigando el riesgo de afectaciones en la calidad.

5) Registro y documentación: el registro y documentación de lotes de materia prima recibida desempeña un papel fundamental en la clasificación de proveedores. Al facilitar la recopilación y organización sistemática de datos, proporciona una base estructurada para la evaluación de la confiabilidad de los proveedores y la calidad de los materiales recibidos. La recopilación de esta información, como historial de cumplimiento, certificaciones, características y condiciones del producto suministrado, permite a la empresa POOL SPORT realizar análisis exhaustivos para determinar la idoneidad y confiabilidad de cada proveedor que consistentemente entregan materiales de calidad, así como la detección temprana de aquellos que puedan presentar riesgos potenciales para la calidad del producto final.

6) Retroalimentación con proveedores: la retroalimentación proporciona tanto a la empresa como a los proveedores una serie de beneficios entre los que se incluye:

- Información valiosa para proveedores sobre el desempeño de sus productos, facilitando la identificación de áreas de mejora.
- Comunicación clara y transparente entre la empresa y el proveedor en cuanto a los requisitos, estándares de calidad y plazos de entrega. Esto ayuda a alienar las expectativas y garantizar que ambas partes estén en la misma página.
- Identificar y abordar de manera proactiva cualquier problema o defecto en los productos. Esto permite resolver problemas de calidad de manera rápida y eficiente, evitando interrupciones en la cadena de suministro y reduciendo costos asociados con devoluciones o retrabajos.

7) Control de forma periódica de las herramientas: el control periódico garantiza que las herramientas utilizadas estén en óptimas condiciones, permitiendo que estas se encuentren siempre disponibles. Esto permite prevenir problemas relacionados con los cortes irregulares, costuras defectuosas o errores en el ensamble.

La detección temprana de herramientas desgastadas antes de que causen problemas importantes puede ayudar a evitar costos adiciones asociados con retrabajos o devoluciones de productos a procesos anteriores.

b. Evaluación de viabilidad

La evaluación de viabilidad es un proceso crucial en la toma de decisiones sobre la ejecución de un proyecto. Su objetivo es evaluar de manera objetiva si es viable proceder con la iniciativa propuesta. Para ello, se examina los recursos disponibles en tres dimensiones fundamentales, factibilidad operativa, técnica y económica.

La factibilidad operativa se refiere a la capacidad de llevar a cabo las actividades necesarias para el proyecto, considerando aspectos como la disponibilidad de mano de obra calificada, infraestructura adecuada y procesos operativos eficientes. La factibilidad técnica se centra en determinar si es posible implementar la solución propuesta utilizando la tecnología, conocimientos y recursos disponibles. Sin embargo, el aspecto más crucial es la factibilidad económica, ya que es a través de él que se pueden mitigar las posibles limitaciones de los otros recursos. Se analizan los costos y beneficios del proyecto, los costos de inversión, así como otros factores financieros relevantes. Este aspecto es fundamental, ya que un proyecto puede ser factible operativa y técnicamente, pero no económicamente rentable.

En la Tabla 49 se expone la factibilidad de las alternativas de mejora.

Tabla 49. Viabilidad de las alternativas de mejora

VIABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	
FACTIBILIDAD	**DESARROLLO**
Operativa	- Desarrollo de mediciones y análisis pertinentes referentes a los niveles de calidad de cada proceso ya sea en PPM, nivel sigma o capacidad del proceso. - La implementación de las alternativas de mejora estará a cargo de un responsable designado, generalmente el jefe de producción, quien será responsable de su aplicación y seguimiento. Es importante mencionar que este debe estar familiarizado con la metodología Six Sigma.

VIABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	
FACTIBILIDAD	**DESARROLLO**
Técnica	- Se cuenta con la presente investigación y el estado actual en el que se encuentran los procesos en lo referente a las características de las fases iniciales de DMAIC. - Tanto la infraestructura, como la maquinaria y las herramientas disponibles son adecuadas para el desarrollo de las alternativas de mejora - Se dispone de los equipos necesarios para llevar a cabo las diversas tareas requeridas. Estos equipos incluyen el personal capacitado en pareas específicas como troquelado, bordado, cortado, aparado y plantado garantizando la realización de las actividades designadas de manera oportuna.
Económica	- Para la implementación de las alternativas de mejora se requiere de una inversión pequeña, ya que se dispone del personal capacitado para llevar a cabo las actividades y se cuenta con las herramientas estadísticas necesarias para ejecutar el proyecto adecuadamente. La única excepción seria la necesidad de capacitación periódica para el personal para lo cual se requiere la presencia de un especialista técnico en conocimientos referentes a control de calidad. - La alta gerencia se encuentra comprometida con el financiamiento económico para el desarrollo de la implementación de las alternativas de mejora propuestas.

Beneficiarios: Los beneficiarios directos con la implementación de las alternativas de mejora propuestas son los propietarios de la empresa y trabajadores a cargo de cada uno de los procesos productivos debido a que se conseguirá un notable aumento de la productividad, mejora de la satisfacción de los clientes, mejora de la imagen de la empresa para sus clientes externos y sobre todo reducir pérdidas de tiempos y recursos en reprocesos.

c. Presupuesto para el desarrollo del proyecto

El presupuesto para la propuesta de mejora comprende una evaluación detallada de los costos asociados con la implementación de las medidas presentadas. Esto incluye una estimación de los gastos relacionados con los costos laborales relacionados con la

capacitación del personal y la ejecución del proyecto. El presupuesto final proporcionará una guía clara sobre los recursos financieros requeridos para llevar a cabo la propuesta de mejora de manera efectiva y eficiente. En la Tabla 50 se expone el presupuesto para la ejecución del proyecto

Tabla 50. Presupuesto para el desarrollo del proyecto

PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO SIX SIGMA					
Proyecto	Programa Six Sigma		Duración	1 año	
Líder	Raúl Moposita		Presupuesto	$10.000,00	
Elemento	Recurso	Tipo	Unidad	Precio por unidad	Costo total
Programa de formación	Formativo	Horas	120	$ 1.890,00	$ 1.890,00
Adquisición de herramientas	Herramientas en general	Caja de 6 martillos	1	$ 42,00	$ 42,00
		Caja de 6 alicates 10”		$ 51,00	$ 51,00
		Paquete de 50 agujas		$ 24,99	$ 24,99
		Caja de 10 estiletes		$ 12,40	$ 12,40
		Caja de 10 brochas (3 pulgadas)		$ 12,50	$ 12,50
		Caja de 25 minas de plata de 1,5 mm para rayar cuero		$ 11,00	$ 11,00
Hojas de papel	Implementación permanente del proyecto	Caja de 10 resmas (5000 hojas)	1	$ 35,00	$ 35,00
Bolígrafos	Papelería en general	Caja de 24 unidades	1	$ 5,00	$ 5,00
Computadora	Computadora Lenovo básica	Pieza	1	$ 750,00	$ 750,00
Impresora	Impresora Epson	Pieza	1	$ 200,00	$ 200,00
TOTAL					$ 3.033,89

La inversión total requerida para el desarrollo del programa de formación y capacitación para empleados y jefe de producción y gastos relacionados a la adquisición de herramientas disponibles en bodega para reemplazarlas cuando se requiera es de un total de $ 3.033,89 dólares anual. Dentro de este monto se contabiliza gastos relacionados con el costo por horas del programa de formación que son de 40 horas por capacitación la cual se realizara trimestralmente (120 horas anuales por trabajador) para lo cual se basó en el tarifario del SECAP (Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional) (Anexo R), estableciendo un costo de $45 dólares por curso

orientado a 14 trabajadores obteniendo un valor total aproximado de $ 1.890,00 con una debida planificación. Además de ello se contabilizan los materiales y recursos en general que serán usados para las capacitaciones con un monto de $ 990,00. Finalmente se estiman costos relacionados con la adquisición de herramientas que se deberán tener en bodega con un valor de $ 153,89.

d. Desarrollo de alternativas de mejora (propuestas)

1) Programa de formación para el personal

En este apartado se definen los horarios para cada sesión de formación técnica para empleados de manera que no interfiera con el desarrollo habitual de sus actividades productivas, teniendo en cuenta el tiempo estimado de duración en horas de cada capacitación. Los detalles de estos aspectos se exponen en la Tabla 51.

Tabla 51. Programa de formación del personal de POOL SPORT

PROGRAMA	CENTRO DE CAPACITACION	TIPO	DURACION (HORAS)	HORARIO DISPONIBLE
Manejo de maquinaria de costura (recta)	Empresa	Interna	25	Sábados de 8:30 a 17:30
	Centro de formación	Externa	15	Domingos de 8:30 a 17:30
Manejo de máquina de costura (doble aguja)	Empresa	Interna	25	Sábados de 8:30 a 17:30
	Centro de formación	Externa	15	Domingos de 8:30 a 17:30
Técnicas de aparado	Empresa	Interna	25	Sábados de 8:30 a 17:30
	Centro de formación	Externa	15	Domingos de 8:30 a 17:30
Manejo e higiene de adhesivos	Empresa	Interna	25	Sábados de 8:30 a 17:30
	Centro de formación	Externa	15	Domingos de 8:30 a 17:30
Técnicas de plantado	Empresa	Interna	25	Sábados de 8:30 a 17:30
	Centro de formación	Externa	15	Domingos de 8:30 a 17:30
Gestión de almacenes y supervisión de existencias.	Empresa	Interna	40	Sábados de 8:30 a 17:30

Una vez que se ha establecido los programas de capacitación, es necesario documentar el cumplimiento de estos. Para este fin, se utiliza un registro codificado denominado RAC-FCPS-00 en donde se asignará uno por cada capacitación ejecutada. El formato de este registro se encuentra detallado en el Anexo K. Cabe destacar que para motivar y promover la asistencia de todos los empleados a las debidas capacitaciones se promueve ciertos incentivos aprobados por la gerencia relacionados con un día libre o menos carga horaria en un día a la semana, celebraciones o eventos.

2) Selección de empleados

La selección de empleados se lleva a cabo con el propósito de reclutar e incorporar individuos cuyas habilidades, experiencia y cualidades personales se ajusten a los requisitos específicos del puesto de trabajo. Para ello es necesario realizar pruebas de campo (manejo de máquinas de aparado, pruebas de armado y plantado de calzado, entre otras), dependiendo de la actividad que se requiera evaluar, se requerirá la presencia del jefe de producción quien será el encargado de determinar si el empleado está calificado o no para el puesto de trabajo (Anexo O).

3) Inspecciones durante el desarrollo de las actividades

Se ha discutido acerca del control de calidad y de las herramientas de mejora continua, las cuales posibilitan la definición, medición (a través de métricas como PPM y el nivel de sigma, entro otros), análisis (análisis de modo y efecto de fallas, diagramas de Pareto), control y mejora de los problemas presentes día a día en las actividades productivas. Del mismo modo, se ha estado desarrollando procedimientos que permitan gestionar de forma eficiente los procesos, con la finalidad de controlar los productos que salen de estos y así reducir el número de unidades defectuosos que salen de cada proceso. Para esto se ha actualizado documentos que permitan registrar las inspecciones realizadas diaria o mensualmente de acuerdo con lo requerido (Anexo J).

4) Control de materia prima / e) Registro y documentación

La materia prima representa un factor muy importante ya que por medio de estas se asegura la calidad del calzado deportivo. Esto muestra que la materia prima tiene una incidencia directa en las características del producto, y para ello es necesario tener un

mayor control acerca de los materiales e insumos que ingresan a la planta de fabricación, y para esto es necesario diseñar un formato (Anexo L) que permita recolectar información y datos específicos suficientes para determinar si la materia prima se encuentra en condiciones óptimas o no.

El seguimiento continuo del proceso de producción es esencial para identificar de manera específica las dificultades y las oportunidades de mejora en la fabricación de zapatillas. Mediante la implementación de un procedimiento operativo, se podrán observar los avances y retrocesos de cada insumo adquirido, lo que facilitará la adopción de un plan de calidad. Esto, a su vez, contribuirá a la reducción progresiva de productos no conformes, optimizando así la calidad del producto final. A continuación, en la Tabla 52 se muestra el procedimiento operativo a seguir.

Tabla 52. Procedimiento operativo para controlar la materia prima

QUÉ (Acción)	QUIÉN (Encargado)	CÓMO (Procedimiento)
Definir el tamaño de muestra	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Definir el tamaño de la muestra dependiendo de la cantidad de materia pima recibida por el encargado en la bodega o en base a la tabla de muestreo.
Identificar características de calidad	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Revisar e identificar características y aspectos claves que permitan definir si los insumos se encuentran en condiciones ópticas o si se encuentra con algún tipo de defecto relacionado con algunes características como el color, el estado del material, grosor, flexibilidad, resistencia, textura.
Determinar no conformidades	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Determinar la totalidad de las unidades no conformes y separar de los elementos conformes.
Porcentaje de calidad de los proveedores	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Para determinar el porcentaje de calidad de los proveedores se emplea la siguiente formula: % CP = (total unidades conformes/total unidades revisadas) *100
Aceptabilidad o rechazo	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Definir la aceptabilidad o rechazo según la tabla de muestreo
Devolución de insumos no conformes	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Realizar el procedimiento correspondiente para devolver los insumos a la empresa proveedora.
Registro en base de datos	Responsable de determinar el tamaño de muestra	Registrar las no conformidades en una base de datos
Informe de resultados	Responsable de determinar el tamaño de muestra	el informe final se deriva de los reportes recolectados en la base de datos cada vez que se realiza las respectivas inspecciones de materia prima.

5) Retroalimentación con proveedores

Con el propósito de recabar información que fomente aspectos críticos relacionados con la mejora continua, la resolución de problemas, el fortalecimiento de las relaciones laborales, la innovación mutua y el cumplimiento de estándares de calidad, se ha desarrollado un registro destinado a las reuniones con proveedores (Anexo M). Este registro facilita la planificación de dichas reuniones al establecer elementos fundamentales como la información de contacto del proveedor, el lugar de encuentro, la fecha, la hora y los temas a tratar. Este registro posibilita la anticipación y la organización de las reuniones al enviar la planificación a los proveedores de manera ordenada. Esto contribuye a que las reuniones se desarrollen de manera óptima y eficiente, asegurando así un intercambio de información efectivo y la consecución de los objetivos planteados.

6) Control de forma periódica de las herramientas

Con el propósito de establecer criterios claros para determinar cuándo una herramienta debe ser reemplazada debido a desgaste excesivo o daño irreparable es necesario implementar las siguientes acciones:

- **Inspecciones regulares:** Realizar inspecciones periódicas de todas las herramientas para evaluar su estado, estas inspecciones serán mensuales y serán registradas mediante el Anexo N.
- **Indicadores de desgaste:** Identificar indicadores específicos de desgaste o deterioro en cada tipo de herramienta. Esto puede incluir, gritas, perdida de filo o punta, perdida de funcionalidad, entre otros que afectan directamente su funcionamiento.
- **Vida útil estimada:** Identificar las recomendaciones del fabricante para la vida útil estimada de cada herramienta. Cuando una herramienta ha alcanzado o superado su vida útil, será obligatorio reemplazarla incluso si no muestra signos evidentes de desgaste.

e. Plan de documentación y registro

El plan de documentación y registro se elabora con el propósito de proporcionar un marco estructurado que detalle aspectos cruciales para mantener un orden y organización en los formatos pertenecientes a cada una de las alternativas de mejora. Para llevar a cabo esta actividad, se detallan los siguientes factores que incluye el plan de documentación: aspectos de mejora, documentos y registros y responsables. En la Tabla 53 se presenta detalladamente el plan que permite documentar y registrar los formatos necesarios para recopilar la información que facilitará el logro de los objetivos y metas propuestas de mejora para cada una de las alternativas propuestas en la empresa POOL SPORT.

Tabla 53. Lista maestra de documentos

LISTA MAESTRA DE DOCUMENTOS Y REGISTROS				
Ámbitos de mejora		**Documentos y registros**		**Responsables**
Cómo	**Formato**	**Donde**	**Periodo**	
Capacitaciones	RAC-FCPS-00 (Anexo K)	Sala de reuniones de la empresa	Una vez por semana	Técnico encargado
Selección de empleados	RHP-FCPS-00 (Anexo O)	Área de producción	Cada que existan vacantes	Jefe de producción
Inspecciones de calidad	HVDP-FCPS-00 (Anexo J)	Área de producción	Diariamente	Jefe de producción
Control de materia prima y documentación	RCRMP-FCPS-00 (Anexo L)	Bodega	Cada compra o ingreso de insumos	Jefe de producción
Retroalimentación con proveedores	RRP-FCPS-00 (Anexo M)	Sala de reuniones de la empresa	Mensualmente	Jefe de producción
Control periódico de herramientas	RPIH-FCPS-00 (Anexo N)	Área de producción	Cada 15 días	Jefe de producción

3.2.5. Fase CONTROLAR

La fase final de la metodología DMAIC se centra en establecer planes, acciones y actividades destinadas a mantener las mejoras propuestas durante el desarrollo de la metodología Six Sigma. El propósito de esta etapa es prevenir la recurrencia de los defectos identificados en los procesos productivos, asegurando así la sostenibilidad de las posibles soluciones.

a. Establecimiento de un programa de Control

Los programas de Control son instrumentos que facilitan la ejecución de acciones y actividades de manera estructurada con el fin de mantener en el tiempo las mejoras propuestas las cuales permiten abordar los defectos que actualmente afectan a la empresa. La matriz AMEF emerge como una herramienta eficiente que puede ser integrada en esta fase, ya que posibilita la identificación de oportunidades de mejora mediante la priorización de riesgos a través de NPR.

En la Tabla 54 se exhibe el programa de control para los procesos críticos (aparado y plantado).

Tabla 54. Programa de control

PROGRAMA DE CONTROL										
Número de proyecto: 6S-001		**Proceso:** Fabricación de calzado deportivo				**Producto afectado:** Sport Plásticas (niño		**Páginas:** 1/2	**Código:** PDC-FCPS-001	
Preparado por: El investigador			**Revisado por:** Ing. Mauricio López			**Fecha:**	**Indicador:** (Total defectuosos/Total áreas inspeccionadas) *100			
Proceso	**Pasos del proceso**	**Input**	**Output**	**Modos potenciales de falla**	**Métricas**	**Propuesta de mejora**	**Responsable**	**Frecuencia de monitoreo**	**Plan de respuesta**	
Aparado	Pareo de cortes	Piezas enfundadas	Calzado deportivo (todas las piezas unidas)	Piezas descosidas	No existe	Capacitaciones para el personal de aparado	Jefe del área operativa	Mensualmente	El responsable de esta función deberá supervisar mensualmente la mejora de los trabajadores nuevos a través de herramientas como curvas de aprendizaje, garantizando el cumplimiento de las capacitaciones ofrecidas a través de los registros y formatos preestablecidos.	
	Señalar capellada, u, medallones y talones	Piezas pareadas								
	Armar medallones con la pieza U	Hilos, medallones, U, hilos								
	Coser figuras en las capelladas	Capelladas, figuras o logotipos e hilos				Selección del personal de aparado	Jefe del área operativa	Mensualmente	El responsable de esta función deberá realizar entrevistas y pruebas específicas al personal que ha sido aceptado en la planta con la finalidad de verificar su habilidad y experticia, estas actividades deberán ser registradas en los formatos establecidos para garantizar el cumplimiento de las disposiciones	
	Unión de la capellada y medallón	Capelladas, medallones e hilos								
	Coser figuras laterales por pares	Laterales, hilos e hilos				Inspecciones de calidad	Jefe del área operativa	Mensualmente	Supervisión continua del equipo encargado del proceso de aparado del calzado para verificar que se cumplan con las actividades de forma correcta y llevar los registros de inspecciones.	
	Colocación del talón y caña	Talón caña, hilos								
	Costura del forro interno	Forros e hilos								
	Cortar esponjas	Rollos de esponjas				Control, registro y documentación de materia prima	Jefe del área operativa	Mensualmente	Supervisión continua de los controles realizados cada vez que se realicen compras o se reciban insumos y materiales en bodegas para garantizar la calidad de los materiales. La supervisión realizada se deberá registrar en los formatos preestablecidos con el propósito de asegurar el cumplimiento de la mejora propuesta	
	Colocar esponjas en las cañas	Esponjas, cañas								
	Coser los forros, esponjas en el interior de las cañas	Forros, esponjas, calzado completo, hilos								
	Recoser la pieza U	Calzado completo, hilos				Retroalimentación con proveedores	Jefe del área operativa	Mensualmente	El responsable de esta función deberá realizar entrevistas con los proveedores para asegurarse de que se han estado realizando las reuniones programadas a fin de tratar causas que posibiliten beneficios comunes. El registro realizado en los formatos preestablecido permitirá garantizar el cumplimiento de las retroalimentaciones planificadas.	
	Colocar ojalillos	Ojalillos, calzado								
	Colocar etiquetas en las lengüetas	Etiquetas, lengüetas, hilos				Control periódico de herramientas	Jefe del área operativa	Mensualmente	Se lleva a cabo un registro de las inspecciones periódicas realizadas a las herramientas mediante el formato preestablecido a fin de asegurar el correcto desempeño y funcionamiento de estas. Además, se deberá instruir a los operarios para identificar problemas en las herramientas de manera temprana.	
	Coser lengüetas	lengüetas, forros, hilos								
	Coser las lengüetas en las zapatillas	lengüetas, calzado, hilos								

PROGRAMA DE CONTROL										
Número de proyecto: 6S-001		**Proceso:** Fabricación de calzado deportivo				**Producto afectado:** Sport Plásticas (niño		**Páginas:** 2/2	**Código:** PDC-FCPS-001	
Preparado por: El investigador		**Revisado por:** Ing. Mauricio López				**Fecha:**	**Indicador:** (Total defectuosos/Total áreas inspeccionadas) *100			
Proceso	**Pasos del proceso**	**Input**	**Output**	**Modos potenciales de falla**	**Métricas**	**Propuesta de mejora**	**Responsable**	**Frecuencia de monitoreo**	**Plan de respuesta**	
Plantado	Separar cortes	Cortes aparados	Calzado deportivo completo	Manchas de adhesivos	No existe	Capacitaciones para el personal de plantado	Jefe del área operativa	Mensualmente	El responsable de esta función deberá supervisar mensualmente la mejora de los trabajadores nuevos a través de herramientas como curvas de aprendizaje, garantizando el cumplimiento de las capacitaciones ofrecidas a través de los registros y formatos preestablecidos.	
	Recortar el exceso de forro	Cortes aparados				Selección del personal de plantado	Jefe del área operativa	Mensualmente	El responsable de esta función deberá realizar entrevistas y pruebas específicas al personal que ha sido aceptado en la planta con la finalidad de verificar su habilidad y experticia, estas actividades deberán ser registradas en los formatos establecidos para garantizar el cumplimiento de las disposiciones	
	Colocar isarcoll detrás del forro del talón	Isarcoll, cortes aparados				Inspecciones de calidad	Jefe del área operativa	Mensualmente	Supervisión continua del equipo encargado del proceso de aparado del calzado para verificar que se cumplan con las actividades de forma correcta y llevar los registros de inspecciones.	
	Colocar super Flex en las capelladas	Super Flex y cortes aparados				Control, registro y documentación de materia prima	Jefe del área operativa	Mensualmente	Supervisión continua de los controles realizados cada vez que se realicen compras o se reciban insumos y materiales en bodegas para garantizar la calidad de los materiales. La supervisión realizada se deberá registrar en los formatos preestablecidos con el propósito de asegurar el cumplimiento de la mejora propuesta	
	Coser los bordes inferiores de los cortes	Hilos, cortes aparados				Retroalimentación con proveedores	Jefe del área operativa	Mensualmente	El responsable de esta función deberá realizar entrevistas con los proveedores para asegurarse de que se han estado realizando las reuniones programadas a fin de tratar causas que posibiliten beneficios comunes. El registro realizado en los formatos preestablecido permitirá garantizar el cumplimiento de las retroalimentaciones planificadas.	
	Colocar en hormas	Hormas, cortes aparados				Control periódico de herramientas	Jefe del área operativa	Mensualmente	Se lleva a cabo un registro de las inspecciones periódicas realizadas a las herramientas mediante el formato preestablecido a fin de asegurar el correcto desempeño y funcionamiento de estas. Además, se deberá instruir a los operarios para identificar problemas en las herramientas de manera temprana.	
	Jaretear los cortes	Hilos, cortes aparados								
	Rayar la altura hasta la que se coloca pegamento	Minas para rayar calzado. Cortes aparados								
	Colocar pegamento en la parte inferior del corte	Pegamento, cortes aparados								
	Colocar pegamento en las plantas	Pegamento, plantas								
	Esperar 2 minutos	Plantas y cortes aparados								
	Pegar los cortes a las plantas	Plantas y cortes aparados								
	Esperar enfriamiento	Zapatillas plantadas								
	Prensar las zapatillas	Zapatillas plantadas								
	Sacar de las hormas	Zapatillas plantadas y hormas								
	Colocar en gavetas	Zapatillas terminadas								

Los controles establecidos en la anterior tabla están diseñados con el objetivo de mantener las mejoras propuestas por el investigador. Su principal meta es eliminar o reducir los defectos identificados en los procesos productivos, con el fin de obtener productos con altos niveles de calidad y posicionar a la empresa como líder en la fabricación de calzado deportivo. Este posicionamiento la distinguiría a nivel nacional e internacional, lo que incrementaría su reconocimiento y prestigio en el mercado global.

b. Monitoreo del proceso

Finalmente, el monitoreo del proceso consiste en la vigilancia constante y ordenada de todas las fases del proceso de producción, con el propósito de asegurar su eficiencia, calidad y cumplimiento con los estándares preestablecidos. Este procedimiento implica la recolección y análisis de datos pertinentes, así como la detección y corrección de cualquier inconveniente que pueda surgir durante la producción.

El monitoreo del proceso es crucial para mantener la consistencia en la calidad del producto final. Además de la matriz AMEF mencionada anteriormente, se utilizan herramientas adicionales, como las cartas de control para atributos.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En base a la caracterización y diagnóstico inicial del proceso de trabajo actual en POOL SPORT, se dejó en evidencia la presencia de problemas que afectan de manera significativa a la producción al generar desperdicios y retrabajos en los procesos, tomando en cuenta que el análisis de calidad reveló que la mayoría de los productos defectuosos provienen de los procesos de aparado y plantado con 114 y 69 unidades no conformes respectivamente, y que los modos potenciales de falla más representativos de cada proceso crítico están relacionados con piezas descosidas y manchas de adhesivos respectivamente, contribuyen en conjunto con el 47% de todos los productos defectuosos, se demuestra claramente el estado negativo en el que se encuentran los procesos, lo que motiva la realización de estudios para evaluar los niveles de calidad del área productiva y determinar si se encuentran dentro de los rangos operativos aceptables

- De acuerdo con los estudios estadísticos realizados en la fabricación de calzado deportivo se determinó dos modos potenciales de falla que afectan a la línea de producción, además de los niveles de calidad sigma que fueron de 2,46 para el proceso de aparado y de 2,70 para el proceso de plantado, lo cual demuestra un nivel de calidad próximo a 3σ, por lo que es catalogado como adecuado, sin embargo no es lo más óptimo para alcanzar plenamente el cumplimiento de los requerimientos de los clientes; por otra parte en lo referente al índice Yield o porcentaje de unidades que cumplen con especificaciones se determinó valores de 83,1% y 88,5% respectivamente; estos valores son catalogados como rendimientos inferiores a los óptimos por lo que es necesario la implementación de una metodología que permita reducir y controlar la variabilidad en el área operativa.

- Las cartas de control “np” mostraron que el proceso de aparado no está funcionando de forma estable. Esto se debe a que en el subgrupo 1, el número de piezas defectuosas es de 13, superando el límite superior permitido de 12,7691, además se determinó que este proceso tiene una baja estabilidad con

un índice St del 5%. Por otro lado, el proceso de plantado se considera relativamente estable, ya que el número de piezas defectuosas no supera los límites superiores e inferiores. Sin embargo, este proceso no cumple con las expectativas de los clientes, lo que evidencia la necesidad de un control más riguroso para mejorar la variabilidad de los procesos.

- Los análisis relacionados con la identificación de las causas que influyen en la generación de variabilidad en los procesos, obtenidos a partir de las perspectivas de los trabajadores y recopilados, organizados y analizados mediante diagramas de causa–efecto, demuestran que la mayor cantidad de productos defectuosos se atribuyen principalmente a factores como la mano de obra, la materia prima y las herramientas, evidenciando que los bajos porcentajes de rendimiento son atribuibles a los aspectos anteriormente mencionados en su mayoría, reflejando la necesidad de establecer planes de acción dirigidos a la instauración de programas efectivos que permitan elevarlos.

- El desarrollo de la matriz de procedimientos de actuación detalla las alternativas de mejora propuestas para cada una de las causas raíz que originan variabilidad en los procesos de producción, estos procedimientos permiten obtener resultados favorables en cuanto al incremento de los niveles de calidad sigma mediante el control y disminución de los modos potenciales de falla encontrados en los procesos críticos analizados, además se establece un programa de control el cual determina los parámetros clave que permiten mantener en el tiempo las mejoras establecidas.

4.2 Recomendaciones

- Para reducir la cantidad de productos defectuosos en el área operativa, sobre todo en procesos críticos con alta variabilidad, se recomienda implementar programas de control de forma regular a la brevedad posible, ya que dependerá de la mejora de las actividades y el mejoramiento de la calidad. Se sugiere como mejor opción aplicar las alternativas de mejora propuestas en el marco del proyecto Six Sigma, lo que permitirá un control más preciso de los procesos antes de que se generen defectuosos; por otra parte la formación y capacitación

técnica del personal a través de entidades especializadas es una ventaja significativa, permitiendo obtener resultados positivos en términos de reducción de la variabilidad en cada área de trabajo; además de que el jefe de producción deberá asegurarse que los trabajadores sean seleccionados adecuadamente, lo cual puede lograrse mediante la aplicación de evaluaciones durante el proceso de contratación. De esta manera, se asegura de contar con un personal capacitado y preparado.

- Una vez aplicado el proyecto, se recomienda complementar la actividad con la supervisión de un experto en calidad que controle y evite volver a prácticas engañosas que resultaban en la generación de defectos, además de verificar que se cumplan con cada etapa del programa garantizando la obtención de resultados positivos para la organización.

- Se recomienda socializar toda la información pertinente acerca del proyecto Six Sigma a todos los miembros que forman parte de la fábrica desde los altos mandos hasta los operarios con el propósito de contar con la predisposición, cooperación y sobre todo con el compromiso que se requiere para cumplir con el desarrollo del programa sin mayor dificultad.

- Se recomienda aplicar un control minucioso una vez que se haya aplicado el proyecto Six Sigma para verificar que los resultados obtenidos a corto plazo fueron positivos y que se mejoró sustancialmente la problemática principal que estaba afectando al crecimiento y desarrollo de la organización, además de que ayudará a registrar la situación actual de la empresa y posibles soluciones de mejora a futuro.

- Se recomienda considerar una redistribución de planta que permita optimizar el flujo de materiales y productos, reducir los tiempos de traslado y transporte, facilitar un control de calidad más eficiente y reducir defectos y retrabajos al asegurar una disposición más lógica y eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M. J. Mancheno Saá y R. F. Villalba Miranda, "Habilidades directivas y el desarrollo empresarial en la industria de calzado a través de la modelización", *Rev. Publicando*, vol. 3, núm. 9, pp. 620–637, 2016.

[2] D. S. Bravo Acosta y D. J. Triful Carranza, "Factores que limitan el crecimiento de la microempresa comercial Exclusividades Jarumy situada en el distrito de Chiclayo", 2018, Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1532

[3] C. A. Quispe Huamani, "Propuesta de mejora de la gestión de calidad y talento humano en la pequeña empresa fábrica de calzado Grupo Taste S.A.C, distrito Rimac, Lima, 2022", *Univ. Católica Los Ángeles Chimbote*, mar. 2023, Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/32271

[4] Y. Quintero Castillo, "Cadenas globales de valor en Colombia: un análisis desde el sector cuero, calzado y marroquinería", Universidad de La Salle. Facultad de Economía, Empresa y Desarrollo Sostenible FEEDS. Economía, 2020. Consultado: el 23 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/1649

[5] F. H. Reche, "¿Un clúster industrial en américa latina? La industria mexicana del calzado de cuero en León, Guanajuato", jun. 2019, Consultado: el 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/128197

[6] E. C. Sarmiento Páez, A. P. Rengifo Galindo, y S. V. Camelo Ramírez, "Principales variables que han afectado las exportaciones del sector del calzado Colombiano, durante el periodo 2020 y 2021", ene. 2022, Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.12494/43281

[7] R. L. Chariguamán-Artiaga, G. L. Real-Pérez, R. L. Chariguamán-Artiaga, y G. L. Real-Pérez, "Evaluación de la capacidad productiva de una empresa de calzado en Ambato, Ecuador", *Ing. Ind.*, vol. 43, núm. 2, pp. 3–13, ago. 2022.

[8] K. A. Moreno Gavilanes, V. M. Barreto Ruiz, y K. G. Zurita Escobar, "Efectos del gasto en marketing en las ventas del sector calzado de la provincia de Tungurahua", *Rev. Erud.*, vol. 3, núm. 3, pp. 27–42, oct. 2022, doi: 10.35290/re. v3n3.2022.661.

[9] J. A. Miranda, “La USMC y su influencia sobre la industria del calzado de Estados Unidos, Latinoamérica y Europa en la primera mitad del siglo XX. ¿Un monopolio eficiente?”, *América Lat. En Hist. Económica*, vol. 22, núm. 2, p. 71, may 2015, doi: 10.18232/alhe. v22i2.590.

[10] C. F. Veloz Pacheco, “Sistema de control de calidad a los procesos productivos de la empresa Neb Calza”, bachelorThesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2019. Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2806

[11] G. A. Diaz Muñoz, D. A. Salazar Duque, G. A. Diaz Muñoz, y D. A. Salazar Duque, “La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial.”, *Pódium*, núm. 39, pp. 19–36, may 2021, doi: 10.31095/podium.2021.39.2.

[12] A. F. Espinoza Espinoza, “Factores que determinan el crecimiento de la micro y pequeña empresa en la industria del calzado – Trujillo 2019”, Universidad César Vallejo, 2020. Consultado: el 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53434

[13] M. Gómez y J. Pablo, “Modelo de Implementación Lean Seis Sigma para Empresas de la Industria Manufacturera”, dic. 2008, Consultado: el 25 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.tec.mx/handle/11285/568990

[14] J. F. Ramírez Pérez, V. G. L. Torres, S. A. H. Castillo, y M. M. Valdés, “Lean Six sigma e industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones”, *UNESUM - Cienc. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 5, núm. 4, pp. 151–168, ago. 2021, doi: 10.47230/unesum-ciencias. v5.n4.2021.584.

[15] F. J. H. Arguello, “Mejoramiento continuo en la industria del calzado utilizando la metodología Six sigma. Caso ‘exclusivos Botero’1”, *Ing. Sostenibilidad Soc.*, vol. 1, núm. 1, Art. núm. 1, 2020, Consultado: el 20 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/iss/article/view/1011

[16] A. K. Quisintuña Toalombo, “Estudio de la metodología Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de la empresa Beltrán Inyecciones”, bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2022. Consultado: el 23 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36409

[17] W. M. Becerra, L. F. A. Alvarado, G. A. O. Corredor, Y. C. P. Rueda, y I. N. S. Pico, "Influencia de las metodologías Lean Six Sigma: Una revisión sistemática actualizada", *RIDING*, vol. 1, núm. 06, Art. núm. 06, dic. 2022.

[18] D. O. Dallos Rivera y J. J. Rueda Perdomo, "Aporte del Six Sigma en el control de la calidad de las organizaciones colombianas.", *Six Sigma's contribution to quality control in colombian organizations.*, mar. 2023, Consultado: el 23 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/27071

[19] J. B. Hernández, L. M. B. Lopera, y J. C. M. Carreño, "Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio", *Rev. Espac. Vol. 37 Nº 09 Año 2016*, abr. 2016, Consultado: el 20 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html

[20] D. L. Bernabé Rodríguez, "Mejoramiento de los procesos productivos bajo metodología Lean Six Sigma en la empresa Promar Chávez S.A, cantón La Libertad, provincia de Santa Elena.", bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023., 2023. Consultado: el 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9177

[21] S. Eslava Fonseca, "Propuesta de mejora para el sistema productivo de la empresa rústicos mi viejo baúl a partir de la metodología Six sigma", *InstnameUniversidad Antonio Nariño*, mar. 2021, Consultado: el 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2629

[22] J. C. Gavilanez Gavilanez, "Análisis Six Sigma en el proceso de montaje de la empresa calzado GAMOS", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2023. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/37753

[23] J. I. Calderón Carrillo, "Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos", *Repos. Inst. - URP*, 2020, Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3280

[24] D. Coronel Cayatopa y N. R. Tucto Ramos, "Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de teñido de Ingetex S.A.C., Lima, 2021", 2023, Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/4bd2e760-0824-4445-be6a-1d0f1492e5ef

[25] J. M. Guerra Paredes y S. M. Huamanchumo Pérez, "Aplicación del Six Sigma para incrementar la productividad del proceso de elaboración de conservas en La Chimbotana S.A.C. - Chimbote 2022", *Repos. Inst. - UCV*, 2023, Consultado: el 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/122262

[26] O. US EPA, "3M - Lean Six Sigma and Sustainability". Consultado: el 30 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.epa.gov/sustainability/3m-lean-six-sigma-and-sustainability

[27] L. Lozano Cortijo, "¿Qué es calidad total?", *Rev. Medica Hered.*, vol. 9, núm. 1, pp. 28–34, ene. 1998.

[28] C. Hernández Pedrera y F. Da Silva Portofilipe, "Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad", *Tecnol. Quím.*, vol. 36, núm. 1, pp. 104–116, abr. 2016.

[29] D. N. Villa Uvidia, N. Y. Villacis Venegas, y M. A. Osorio Rivera, "Grado de utilización de las herramientas de calidad en una empresa industrial", *Dominio Las Cienc.*, vol. 7, núm. Extra 4, p. 21, 2021.

[30] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vera Salazar, *Control estadístico de la calidad y Seis sigma*, Tercera. México, D.F: McGraw-Hill. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.mheducation.es/control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-9786071509291-spain

[31] J. A. Caballero Márquez *et al.*, "Implementación de diagramas cursograma analítico y casa de la calidad en la empresa industrias AVM", feb. 2024, Consultado: el 12 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/14935

[32] X. A. Cisneros Pilatasig y A. F. Chusin Vega, "'Estandarización para el mejoramiento continuo con la técnica SMED en el área de producción en la empresa ASOCOLESIG.'", bachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), 2024. Consultado: el 12 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: http://localhost/handle/27000/12112

[33] C. A. Rivera Barriga, “Análisis de variabilidad en la elaboración de helados utilizando herramientas de la metodología Six Sigma en la empresa Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S. A.”, bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2020. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30738

[34] H. F. Ávila, M. M. González, y S. M. Licea, “La entrevista y la encuesta: ¿métodos o técnicas de indagación empírica?”, *Didáctica Educ. ISSN 2224-2643*, vol. 11, núm. 3, Art. núm. 3, sep. 2020.

[35] G. Martínez y E. María, “Aplicación del diagrama de Pareto para la priorización de problemas en la industria agroalimentaria”, jul. 2023, Consultado: el 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://riunet.upv.es/handle/10251/194736

[36] F. J. Oddi, F. Miguez, G. Benedetti, y L. A. Garibaldi, “Cuando la variabilidad varía: Heterocedasticidad y funciones de varianza”, oct. 2020, doi: 10.25260/10.25260/EA.20.30.3.0.1131.

[37] J. N. M. Gutiérrez, D. O. Saldívar, S. M. Q. Chumacero, M. J. L. Cuadros, G. G. Curo, y J. R. D. Dumont, “Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil”, *Alpha Centauri*, vol. 2, núm. 3, Art. núm. 3, jul. 2021, doi: 10.47422/ac. v2i3.45.

[38] M. S. Carrillo-Landazabal, Ms. L. E. Vargas-Ortiz, D. C. A. Severiche-Sierra, I. J. T. Peralta-Ordosgoitia, y I. V. P. O. Vélez, “Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico”, *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 6, núm. 2, Art. núm. 2, abr. 2022, doi: 10.37811/cl_rcm. v6i2.2081.

[39] M. A. C. Huayapa, R. A. M. Mamani, C. M. R. S. Román, J. W. F. Casapino, y N. H. Q. Bellido, “Efectos en la productividad por la aplicación de la herramienta DMAIC en una empresa de bebidas”, *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 7, núm. 3, pp. 6974–6998, jul. 2023, doi: 10.37811/cl_rcm. v7i3.6682.

[40] H. G. González y C. A. E. Prado, “Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos”, *Rev. Lumen Gentium*, vol. 5, núm. 2, Art. núm. 2, dic. 2021, doi: 10.52525/lg. v5n2a8.

[41] A. H. Alvarez, A. R. Gutiérrez, L. E. A. López, y O. L. P. Venega, “Herramientas para la gestión de la calidad en la universidad”, *Estrateg. Gest. Univ.*, vol. 11, núm. 2, Art. núm. 2, oct. 2023, doi: 10.5281/zenodo.10070184.

[42] W. J. M. Chávez, G. A. M. Cárdenas, E. A. V. Cárdenas, y J. R. D. Dumont, “Metodología lean para reducción de piezas no conformes, detectadas por control de calidad, previo al despacho”, *Alpha Centauri*, vol. 2, núm. 3, Art. núm. 3, ago. 2021, doi: 10.47422/ac. v2i3.52.

[43] J. S. Leyva y M. T. Esquivias, “Análisis del proceso de manufactura para la aplicación de la metodología DMAIC en una empresa de plásticos (Analysis of the manufacturing process for the application of the DMAIC methodology in a plastics company)”, *Pist. Educ.*, vol. 42, núm. 136, Art. núm. 136, nov. 2020, Consultado: el 19 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2316

[44] D. D. Méndez Floriano y D. M. Rubio Luna Victoria, “Aplicación de metodología DMAIC en el área de producción para mejorar la productividad de Consorcio Representaciones CAM’S E.I.R.L. – Trujillo – 2023”, *Repos. Inst. - UCV*, 2023, Consultado: el 6 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/133763

[45] O. E. Pilla Yanzapanta, “Mejora de calidad en los procesos productivos aplicando la metodología Seis Sigma en la Empresa Metálicas Pillapa”, bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2019. Consultado: el 6 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29573

[46] O. M. Fontalvo, T. J. Fontalvo, R. Herrera, O. M. Fontalvo, T. J. Fontalvo, y R. Herrera, “Monitoreo y control del rendimiento de las dimensiones de calidad de un centro de atención del servicio en una institución de educación superior”, *Inf. Tecnológica*, vol. 31, núm. 3, pp. 113–120, jun. 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000300113.

[47] C. A. Rivera Barriga, “Análisis de variabilidad en la elaboración de helados utilizando herramientas de la metodología Six Sigma en la empresa Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S. A.”, bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera

de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 2020. Consultado: el 6 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30738

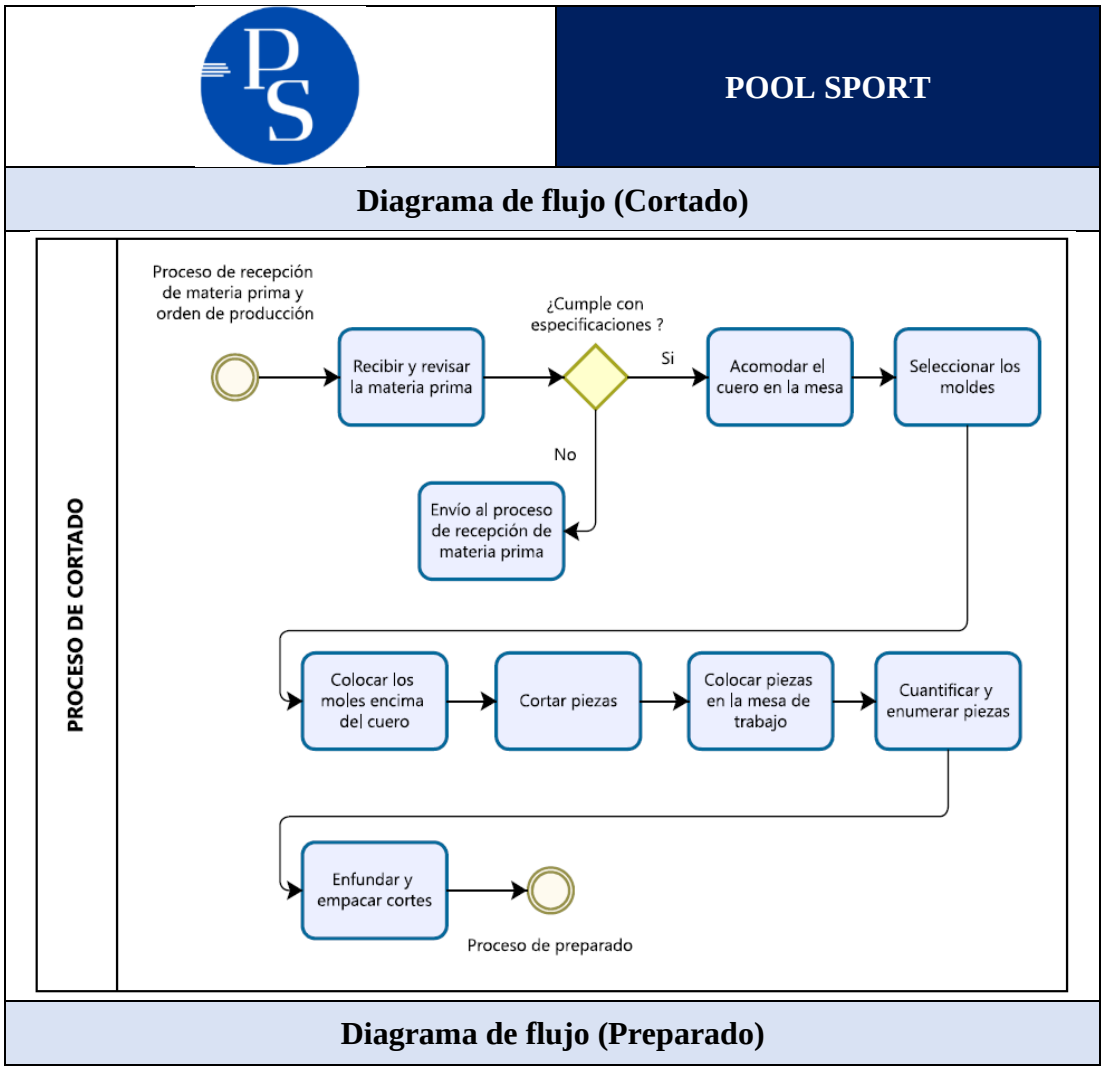
[48] E. Campos de Hinds, S. Tejada Gómez, y C. E. Chévez Navarro, “Elaboración de una guía de gestión de riesgos para el aseguramiento de la calidad, aplicando la herramienta de Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) como instrumento de evaluación en la etapa del proceso de fabricación de soluciones oftálmicas de laboratorio ENFAR S.A. de C.V.”, Universidad Don Bosco, 2023. Consultado: el 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://hdl.handle.net/11715/2663

ANEXOS

Anexo A. Diagramas de flujo de los procesos operativos

En la Tabla A1 se muestra el diagrama de flujo de cada uno de los procesos operativos de la empresa POOL SPORT

Tabla A1. Diagrama de flujo de los procesos operativos



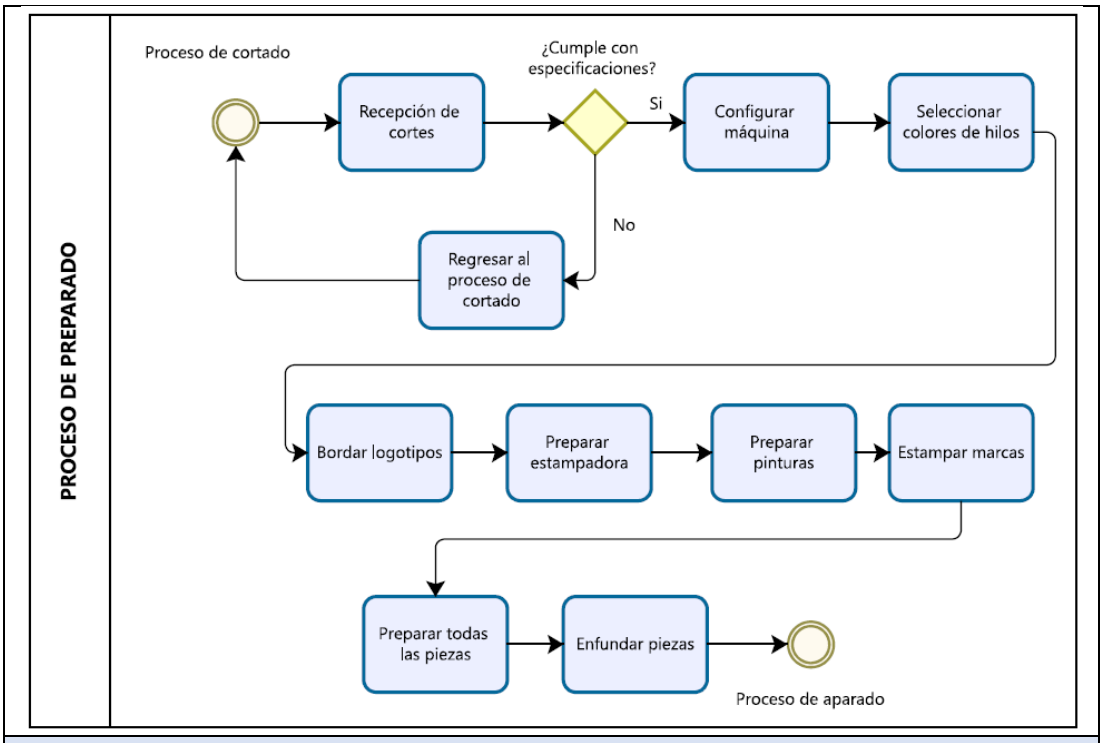


Diagrama de flujo (Aparado)

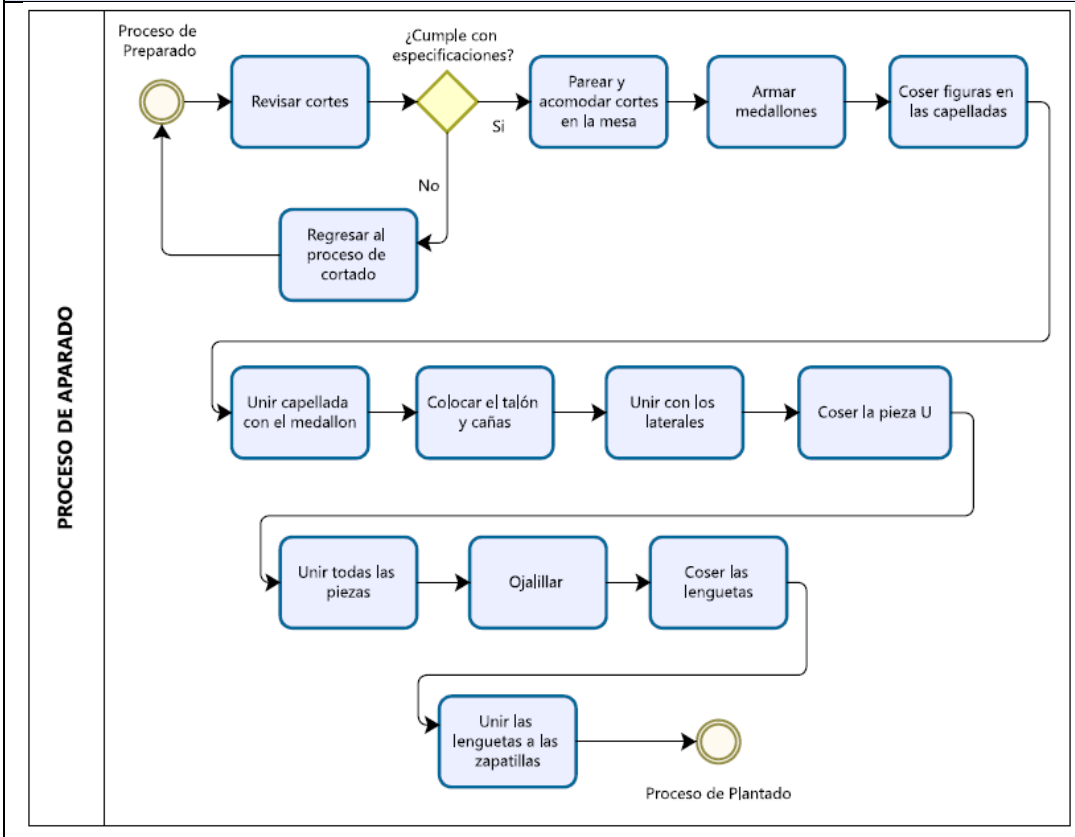


Diagrama de flujo (Plantado)

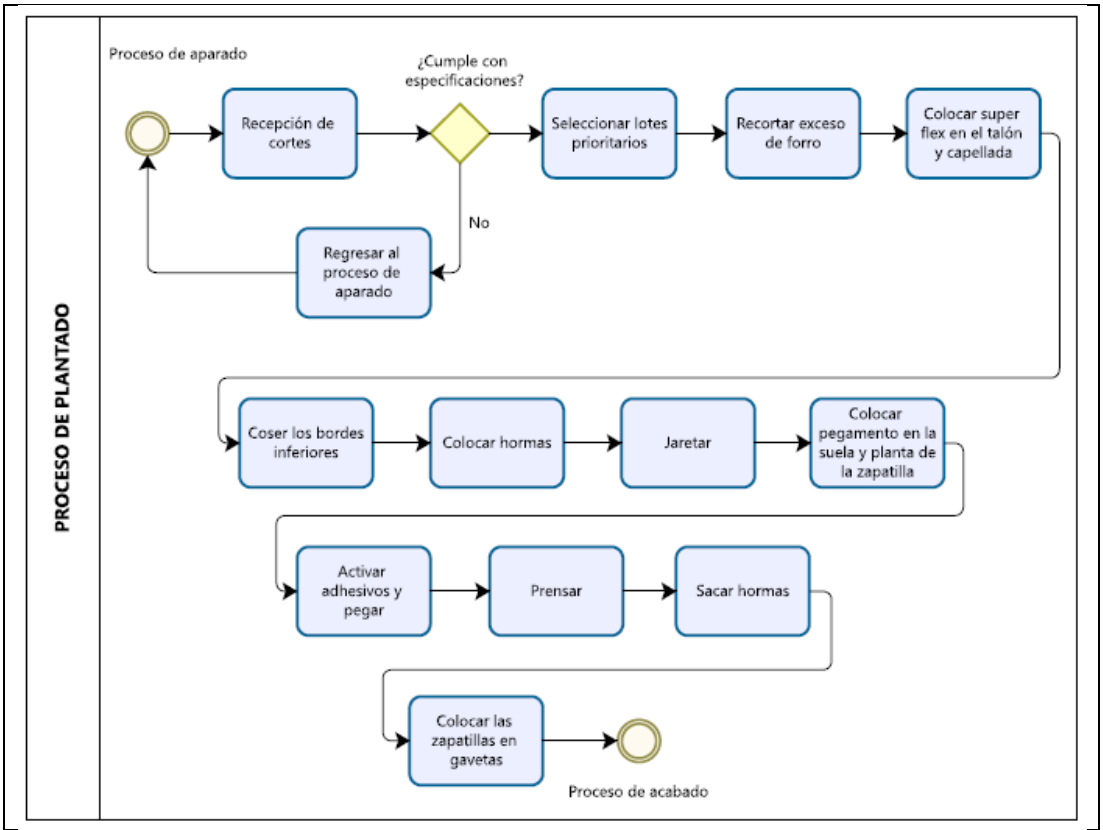
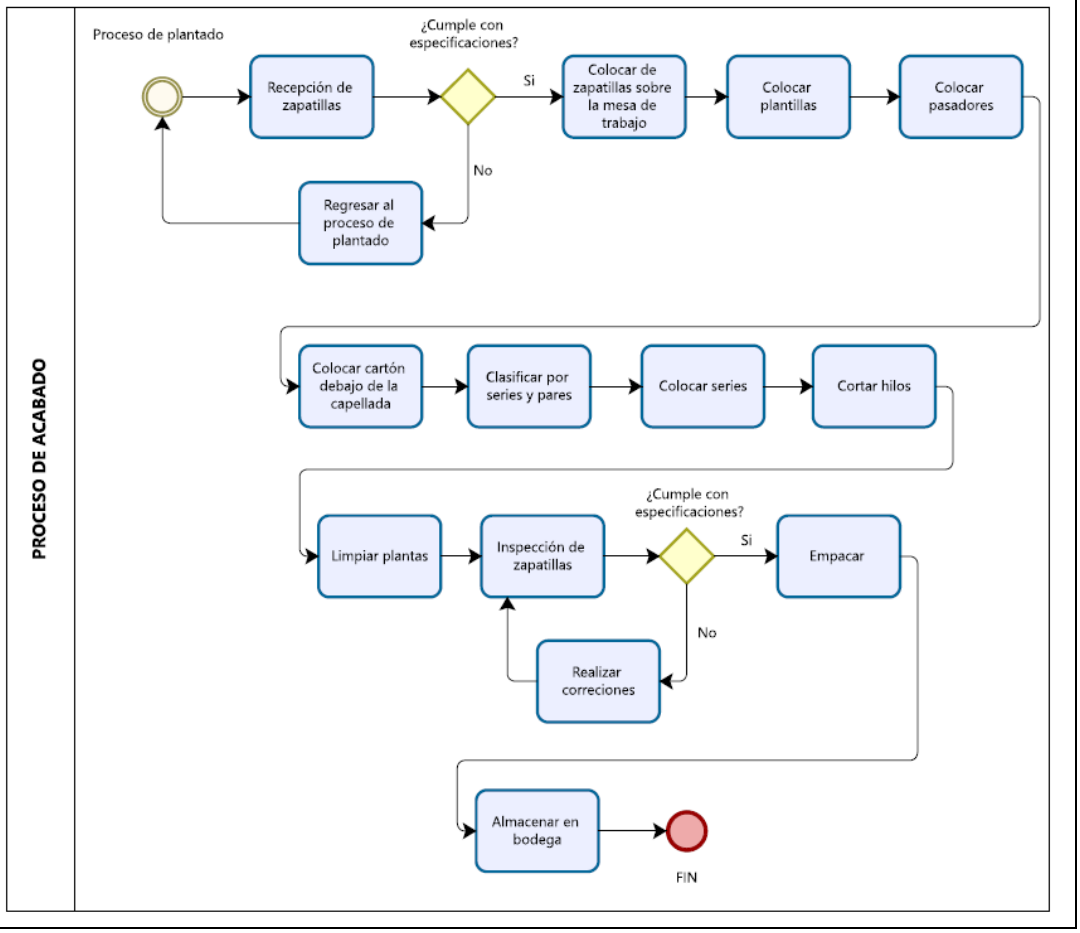


Diagrama de flujo (Acabado)



Anexo B. Entrevista no estructurada

En la Tabla B1 se muestra el formato de preguntas junto con las respuestas expuestas por el personal administrativo y operativo.

Tabla B1. Entrevista no estructurada

	POOL SPORT
ENTREVISTA PARA PERSONAL ADMINISTRATIVO Y OPERARIOS	
Que novedades se observa en los procesos productivos	Productos defectuosos al final
Que se hace con esos productos defectuosos	Reprocesos
Que procesos productivos considera que generan más defectuosos?	Corte, aparado y plantado
¿Qué defectos observa en dichos procesos?	Descocidos, manchas de pegamento en toda la zapatilla, mal estampados, piezas mal cortadas
Por qué considera que existen productos defectuosos	Por falta de control de calidad en cada proceso
Por qué falta control de calidad en los procesos	Porque solo se revisan los productos al final de los procesos mas no en cada proceso

¿Porque solo se revisan los productos al final de los procesos?	Porque la empresa ha tomado como un factor cotidiano el reproceso
¿Quién detecto el problema?	Los clientes finales
¿Quién realiza el control de los defectos?	El área de acabado
Cuando se lleva a cabo el control de los defectos al final de todo el proceso	Todo el tiempo mientras los obreros se encuentran colocando etiquetas y limpiando plantas en el proceso de acabados

Anexo C. Hoja de verificación para registro de defectos

En la Tabla C1 se muestra el formato de la hoja de verificación utilizada para registrar cada uno de los defectos presentes en los procesos.

Tabla C1. Hoja de verificación para registro de defectos

		POOL SPORT					
Producto			**Fecha**	**DD**	**MM**	**AA**	
Elaborado por			**Código**	HDV-FCPS-00			
HOJA DE VERIFICACIÓN							
N°	**Defectos**	**Frecuencia (unidades)**					
		Día 1	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**	**Subtotal**
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
Revisado por				**Fecha de revisión**			
Aprobado por				**Observaciones:**			

Anexo D. Entrevista no estructurada realizada a clientes

En la Tabla D1 se muestra las preguntas realizadas a los clientes internos y externos a fin de identificar sus requerimientos en la obtención de zapatillas

Tabla D1. Entrevista realizada a clientes de POOL SPORT

	POOL SPORT
ENTREVISTA PARA CLIENTES EXTERNOS	
¿Cómo describiría la comodidad ideal de un calzado deportivo?	Que un calzado tenga un ajuste seguro que evite fricciones pero que a su vez no sean ajustados causando molestias en los pies, además de ser ligeros para realizar movimientos ágiles
¿Qué aspectos consideran más importantes a la hora de adquirir zapatillas?	Que estas no se encuentren con ningún tipo de falla, usualmente suelen venir con manchas en las suelas o en el cuero de las zapatillas.
¿Tiene algún problema relacionado con la calidad del producto?	En pocas ocasiones, las suelas o plantas de las zapatillas suelen despegarse y esto genera problemas al momento de comercializarlas
¿Qué servicios valoran más al comprar calzado deportivo?	Que se cuente con más garantías y exclusividad con respecto a ciertos modelos
¿Tiene alguna preferencia específica en cuanto a la experiencia de compra?	Al momento de comprar esperamos que se cumpla los tiempos acordados para entregas de productos debido a que hay ocasiones en las que los pedidos llegan después de 3 o 4.
¿Hay algún otro aspecto o requerimiento que podría mejorar su experiencia como cliente?	Por el momento no, únicamente los aspectos mencionados con anterioridad
ENTREVISTA PARA CLIENTES EXTERNOS	
¿Qué características del producto son más importantes para ustedes al empezar a realizar sus actividades?	Que los pedidos cuenten con especificaciones claras ya que en muchas ocasiones existen confusiones con respecto a los distintos modelos
¿Qué expectativas tienen en cuanto a la calidad y disponibilidad de los materiales utilizados en la fabricación de zapatillas?	Que se cuente con todo tipo de cueros y materiales en general de calidad, debido a que por lo general desde bodega se viene trabajando con materiales que tienen fallas.

¿Qué aspectos del proceso de fabricación consideran más críticos para garantizar la calidad del producto final?	Para el personal de aparado es importante contar con el número de piezas adecuado, que se controle el problema de piezas faltantes, y que las piezas posean las dimensiones correctas ya que hay piezas que son muy pequeñas y al momento de aparar no se deja espacio suficiente para que los plantadores trabajen con suficiente material. Para el proceso de terminado necesitamos que las zapatillas que salen del plantado no se encuentren con manchas por todas partes, y que por otra parte se coloque las plantas de acuerdo con los modelos establecidos en la orden de producción.
¿Qué otros aspectos consideran importantes para poder cumplir sus requerimientos?	Con la solución de los problemas que se mencionaron sería suficiente para poder cumplir con nuestras necesidades a la hora de fabricar las zapatillas y con esto se puede satisfacer a nuestros clientes finales ya que se produciría productos de calidad.

Anexo E. Entrevista realizada a clientes internos

En la Tabla E1 se muestra el cuestionario realizado al personal operativo de las áreas de cortado, aparado y plantado de la empresa POOL SPORT.

Tabla E1. Entrevista realizada a clientes internos de POOL SPORT

	POOL SPORT
Objetivo	El Presente cuestionario tiene como objetivo principal recolectar información acerca de los requerimientos de mayor importancia considerados por los clientes con respecto al calzado deportivo fabricado en las instalaciones de POOL SPORT
Instrucciones	Seleccionar con un círculo en el número que va del 1 al 5 según la prioridad que usted considera pertinente para los requisitos expuestos en el siguiente cuestionario
Banco de preguntas para el área de cortado	
1f. Si la materia prima es de excelente calidad, ¿Cómo se sentiría? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	1d. Si la materia prima no es de excelente calidad, ¿Cómo se sentiría? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
2f. Si los elementos necesarios para realizar sus actividades se encuentran en excelentes condiciones, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	2d. Si los elementos necesarios para realizar sus actividades no se encuentran en excelentes condiciones, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
3f. Si los rollos de cuero se encuentran en excelente calidad, sin fallas de ninguna forma, ¿Cómo se sentiría usted?	3d. Si los rollos de cuero no se encuentran en excelente calidad, con fallas de alguna forma, ¿Cómo se sentiría usted?

1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
4f. Si el área de trabajo tiene el suficiente espacio para realizar sus actividades, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	4d. Si el área de trabajo no tiene el suficiente espacio para realizar sus actividades, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
5f. Si los moldes para realizar los cortes tuvieran volumen y espesor adecuados para realizar los cortes sin que la cuchilla ocasione cortes, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	5d. Si los moldes para realizar los cortes no tuvieran volumen y espesor adecuados para realizar los cortes sin que la cuchilla ocasione cortes, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
Banco de preguntas para el área de aparado	
1f. Si los cortes de las piezas son regulares y precisos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	1d. Si los cortes de las piezas no son regulares y precisos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
2f. Si los cortes llegan ordenados y enumerados de forma correcta, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	2d. Si los cortes no llegan ordenados y enumerados de forma correcta, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable

3f. Si el número de piezas llegan completos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	3d. Si el número de piezas no llegan completos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
4f. Si las características de algunos materiales para costura como los hilos y sus especificaciones son las adecuadas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	4d. Si las características de algunos materiales para costura como los hilos y sus especificaciones no son las adecuadas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
5f. Si las etiquetas llegan con logos de acuerdo con los modelos y marcas de las zapatillas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	5d. Si las etiquetas no llegan con logos de acuerdo con los modelos y marcas de las zapatillas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
Banco de preguntas para el área de plantado	
1f. Si los cortes llegan bien aparados, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	1d. Si los cortes no llegan bien aparados, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
2f. Si los cortes llegan con las costuras bien rematadas y resistentes, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	2d. Si los cortes no llegan con las costuras bien rematadas y resistentes, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable

3f. Si los logos se encuentran cosidos a los lados (izquierdo y derecho) correctos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	3d Si los logos no se encuentran cosidos a los lados (izquierdo y derecho) correctos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
4f. Si las lengüetas se encuentran unidas a las dimensiones requeridas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	4d. Si las lengüetas no se encuentran unidas a las dimensiones requeridas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
5f. Si la calidad de los insumos (adhesivos de todo tipo) son los adecuados para el trabajo, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	5d. Si la calidad de los insumos (adhesivos de todo tipo) no son los adecuados para el trabajo, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable

Anexo F. Entrevista no estructurada para clientes externos

En la Tabla F1 se muestra el cuestionario realizado a los clientes externos de POOL SPORT

Tabla F1. Entrevista realizada a clientes externos de POOL SPORT

	POOL SPORT
Objetivo	El Presente cuestionario tiene como objetivo principal recolectar información acerca de los requerimientos de mayor importancia considerados por los clientes externos con respecto al calzado deportivo fabricado en las instalaciones de POOL SPORT
Instrucciones	Seleccionar con un círculo en el número que va del 1 al 5 según la prioridad que usted considera pertinente para los requisitos expuestos en el siguiente cuestionario
Banco de preguntas	
1f. Si las docenas de zapatillas se entregan a tiempo, ¿Cómo se sentiría? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	1d. Si las docenas de zapatillas no se entregan a tiempo, ¿Cómo se sentiría? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
2f. Si las zapatillas son enviadas bien empacadas y enfundadas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	2d. Si las zapatillas no son enviadas bien empacadas y enfundadas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
3f. Si la materia prima para la fabricación es de la misma calidad, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral	3d. Si la materia prima para la fabricación no es de la misma calidad, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral

4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
4f. Si los exteriores e interiores de las zapatillas se encuentran sin manchas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	4d. Si los exteriores e interiores de las zapatillas no se encuentran sin manchas, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
5f. Si las zapatillas son entregadas con garantía, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	5d. Si las zapatillas no son entregadas con garantía, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable
6f. Si las suelas de las zapatillas se encuentran bien pegadas y sin manchas de adhesivos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable	6d. Si las suelas de las zapatillas no se encuentran bien pegadas y con manchas de adhesivos, ¿Cómo se sentiría usted? 1. Me gusta 2. Tolerable 3. Neutral 4. No me agrada, pero es aceptable 5. No me agrada y es algo inaceptable

Anexo G. Clasificación de los requerimientos (Tabla de Kano)

En la Tabla G1 se muestra la clasificación de cada uno de los requerimientos de los clientes internos y externos

Tabla G1. Clasificación de requerimientos

Clasificación de requerimientos

Clientes internos

Proceso de cortado

Atributo	A	M	O	R	Q	I	TOTAL	CATEGORÍA
Materia prima de calidad	6	0	3	0	0	0	9	A
Elementos necesarios	4	0	2	0	0	3	9	A
Rollos de cuero sin defectos	5	0	2	0	0	2	9	A
Área de trabajo adecuada	3	0	1	0	0	5	9	I
Moldes para cortar	2	0	4	0	0	3	9	O

Q	Cuestionable
A	Atractivo
O	Unidimensional
I	Indiferente
R	Opuesto
M	Calidad requerida

Resumen:

Requerimientos atractivos (A)
Materia prima de calidad
Elementos necesarios
Rollos de cuero sin defectos
Requerimientos unidimensionales (O)
Moldes para cortar
Requerimientos indiferentes (I)
Área de trabajo adecuada

Proceso de aparado

Atributo	A	M	O	R	Q	I	TOTAL	CATEGORÍA
Cortes regulares	5	0	4	0	0	0	9	A
Cortes ordenados y enum.	4	0	5	0	0	0	9	O
Número de piezas compl.	5	0	2	0	0	2	9	A
Materiales adecuados	5	0	4	0	0	0	9	A
Etiquetas correctas	2	0	4	0	0	3	9	O

Resumen:

Requerimientos atractivos (A)
Cortes ordenados y enum.
Número de piezas compl.
Materiales adecuados
Requerimientos unidimensionales (O)
Cortes ordenados y enum.
Etiquetas correctas

Proceso de plantado

Atributo	A	M	O	R	Q	I	TOTAL	CATEGORÍA
Bien aparados	6	0	3	0	0	0	9	A
Costuras rematadas	5	0	4	0	0	0	9	A
Logos correctos	1	5		0	3	0	9	M
lengüetas bien unidas	3	0	4	0	0	2	9	O
Insumos adecuados	5	0	4	0	0	0	9	A

Resumen:

Requerimientos atractivos (A)
Bien aparados
Costuras rematadas
Insumos adecuados
Requerimientos unidimensionales (O)
lengüetas bien unidas
Requerimientos calidad requerida (M)
Logos correctos

Clientes externos

Atributo	A	M	O	R	Q	I	TOTAL	CATEGORÍA
Entregas a tiempo	5	O	O	O	O	O	5	A
Bien empacadas	2	O	3	O	O	O	5	O
Materia prima de la misma calidad	2	O	3	O	O	O	5	O
Zapatillas sin manchas	3	O	2	O	O	O	5	A
Garantía	3	O	2	O	O	O	5	A
Suelas bien pegadas	4	O	1	O	O	O	5	A

Resumen:

Requerimientos atractivos (A)
Entregas a tiempo
Zapatillas sin manchas
Garantía
Suelas bien pegadas
Requerimientos unidimensionales (O)
Bien empacadas
Materia prima de la misma calidad

Anexo H. Población y muestra

En la Tabla H1 se muestran los cálculos pertinentes para determinar la población y muestra que será sujeta a estudio.

Tabla H1. Población y muestra

DETALLE	DATOS
Días observados en el mes	20 días
Tamaño de la población diaria (N)	122 pares
Nivel de confianza (Z)	1,96
Probabilidad de éxito (P)	0,5
Probabilidad de fracaso (Q)	0,5
Error de muestreo aceptable (E)	0,03
Fórmula	$n = \frac{NZ^2pq}{(N-1)E^2 + Z^2pq}$
Tamaño de muestra (n)	110 pares

Dado que se cuenta con una población finita de 122 pares, se utilizó un muestro aleatorio simple. En este contexto, para la selección de los 110 pares estudiados, se enumeró a toda la población del 1 al 122 y se usó el software Python en donde se desarrolló el siguiente código:

```
import random
# Definir la población de pares
población = list (range (1, 123))
# Seleccionar aleatoriamente 110 pares
muestra = random.sample (población, 110)
print ("Muestra seleccionada:")
print (muestra)
```

Obteniendo la siguiente lista de pares que fueron inspeccionados:

(1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122)

Anexo I. Puntuación para severidad y evaluación para la matriz AMEF

En la Tabla I1 se muestran los criterios para la severidad de los efectos de falla y para la evaluación de la ocurrencia de las causas.

Tabla I1. Severidad y ocurrencia

TABLA 14.1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente)	Puntuación	Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ ensamble)
Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	10	Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.
	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto).	8	Trastorno o afectación mayor	El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque.
	Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño).	7	Trastorno o afectación significativa	Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.
Pérdida o degradación de función secundaria	Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables).	6	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
	Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad)	5		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%).	4	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%).	3		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%).	2	Trastorno o afectación menor	Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente.	1	Ningún efecto	Ningún efecto perceptible

TABLA 14.2 Criterios para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF

Posibilidad de falla	Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto)	Puntuación
Muy alta	≥ 100 por cada mil piezas ≥ 1 de cada 10	10
Alta	50 por cada mil piezas 1 en cada 20	9
	20 por cada mil piezas 1 en cada 50	8
	10 por cada mil piezas 1 en cada 100	7
Moderada	2 por cada mil piezas 1 en cada 500	6
	0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2 000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10 000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100 000	3
	≤0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1 000 000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Anexo J. Hoja para registro

En la Tabla J1 se muestran la hoja de registro para los defectos potenciales pertenecientes a los procesos críticos.

Tabla J1. Hoja de registro para defectos potencales

	POOL SPORT					
Producto		**Fecha**	**DD**	**MM**	**AA**	
Elaborado por		**Código**	HVDP-FCPS-00			
HOJA DE VERIFICACIÓN (para defectos potenciales)						
Proceso	**Defectuosa por**	**Frecuencia (unidades)**				**Subtotal**
Aparado						
Plantado						
		Total				
Revisado por			**Fecha de revisión**			
Aprobado por			Observaciones:			

Anexo K. Formato de registro de asistencia a capacitaciones

En la Tabla K1 se muestran la hoja para el respectivo registro de asistencia a capacitaciones

Tabla K1. Formato de registro de asistencia a capacitaciones

	CONTROL DE CALIDAD	
	REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN	**Código:** RAC-FCPS-00
		Páginas: /

Tema		**Fecha**	
Instructor		**Hora**	

N°	**Nombre y apellido**	**Cargo**	**C. I.**	**Firma**

Observaciones:

Anexo L. Registro para control de materia prima

En la Tabla L1 se muestran el formato diseñado para recolectar información relacionada con las conformidades y no conformidades de la materia prima y de los proveedores

Tabla L1. Control de materia prima

	PPOL SPORT		
	CONTROL DE CALIDAD		
	REGISTRO DE COMPRA/RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	**Código**	RCRMP-FCPS-00
		Versión	00
		Páginas	/

FECHA	PROVEE.	M. P.	LOTE	FECHA VENCIMI.	TRANSPORTE		T. DE RECEPCUÓN		CUALIDADES ORGANOLEPTICAS		ACCIÓN CORRECTIVA	RECIBIDO POR
					C	NC	C	NC	C	NC		

Elaborado por: _____ Cargo: _____	Firma	Aprobado por: _____ Cargo: _____	Firma

Anexo M. Registro para reuniones con proveedores

En la Tabla M1 se muestran el formato diseñado para recolectar información relacionada con el nombre del proveedor con el que se realizará reuniones, información de contacto en general, los temas a tratar y las fechas.

Tabla M1. Registro de reuniones con proveedores

	POOL SPORT		
	CONTROL DE CALIDAD		
	Registro de reuniones con proveedores	Código	RRP-FCPS-00
		Versión	0
		Página	/
Cronograma de reuniones con proveedores			
Nombre del proveedor			
Teléfono		**Dirección postal**	
Lugar y hora de reunión			
Fax			
Correo electrónico		**Sitio web**	
Nombre y título del contacto		**Correo electrónico de contacto**	
Teléfono de contacto 1		**Teléfono de contacto 2**	
Responsable		**Observaciones**	
EVENTOS			
FECHA	**TEMA**		**COMENTARIOS**

Elaborado por	**Aprobado por**
_____	_____

Anexo N. Registro inspección de herramientas

En la Tabla N1 se muestran el formato diseñado para recolectar información relacionada con aspectos que permitan identificar el desgaste o mala funcionalidad de las herramientas

Tabla N1. Registro para inspección de herramientas

	POOL SPORT			
	CONTROL DE CALIDAD			
	Registro para inspección de herramientas	Código	RPIH-FCPS-00	
		Versión	0	
		Página	/	
Responsable		Fecha		
HERRAMIENTA	**ESTÁNDARES DE SEGURIDAD**		**SI**	**NO**
Martillos	El mango de los martillos está acuñado con seguridad y encaja en la cabeza correspondiente.			
	Los mangos de los martillos están libres de astillas y asperezas			
	Las cabezas de los martillos están libres de rebabas			
Pinzas	Las quijadas están sin desgastes o melladas y mangos en buen estado sin deformaciones			
	El tornillo o pasador en buen estado, no hay juego de las quijadas			
Alicates	La parte cortante está afilada y no está mellada			
	Las quijadas están sin desgastes o melladas y mangos en buen estado sin deformaciones			
	El tornillo o pasador en buen estado, no hay juego de las quijadas			
Agujas	Punta afilada			
	Ojo de la aguja adecuado			
	Punta redondeada o curvada			
	Compatibilidad con la máquina de coser			
Cuchillas y estiletes	Poseen magos ergonómicos para reducir fatiga y riesgos de lesiones			
	Se encuentran afilados y sin desgastes			
	Realiza cortes limpios			
Elaborado por _____		Aprobado por _____		

Anexo O. Registro de habilidades del personal

En la Tabla O1 se muestran el formato diseñado para recolectar información relacionada con las competencias y habilidades del personal

Tabla O1. Registro de habilidades del personal

	POOL SPORT		
	CONTROL DE CALIDAD		
	Registro para inspección de herramientas	Código	RHP-FCPS-00
		Versión	0
		Página	/
Responsable		Fecha	

Puesto de trabajo	**Referencia de formación**	**Referencia de experiencia**

Elaborado por	Aprobado por
_____	_____

Anexo P. Cursogramas analíticos de los procesos productivos

En la Tabla P1 se muestran los diagramas analíticos de los procesos de recepción, preparado, aparado, plantado y acabado.

Tabla P1. Cursogramas analíticos

	POOL SPORT									
CURSOGRAMA ANALÍTICO										
Diagrama N°	1	Hoja N°	1/6	RESUMEN						
Fecha	18/marzo/2024			SIMBOLO	ACTTIVIDAD	ACTUAL				
Proceso	Recepción de materia prima				Operación	1				
Producto	Plásticas Sport (niño)				Transporte	1				
Método	~~Actual~~ / Propuesto				Inspección	1				
Lugar	Planta de producción				Espera	0				
Elaborado por	El investigador				Almacenaje	1				
Revisado por	Ing. Mauricio López			Total actividades realizadas		5				
Aprobado por	Raúl Moposita			Distancia total en metros		2				
Descripción del proceso				# Actividad	Dista. (m)	Símbolo				
Recepción física de materiales										
Inspección de calidad				1				●		
Registro de entrada				1		●				
Transporte hacia estanterías				1	2		●			
Almacenamiento adecuado				1						●
TOTAL					2	1	1	1	0	1

	POOL SPORT					
CURSOGRAMA ANALÍTICO						
Diagrama N°	1	Hoja N°	3/6	RESUMEN		
Fecha	18/marzo/2024			SIMBOLO	ACTTIVIDAD	ACTUAL
Proceso	Preparado				Operación	19
Producto	Plásticas Sport (niño)				Transporte	3
Método	~~Actual~~ / Propuesto				Inspección	2
Lugar	Planta de producción				Espera	0
Elaborado por	El investigador				Almacenaje	1
Revisado por	Ing. Mauricio López			Total actividades realizadas		24
Aprobado por	Raúl Moposita			Distancia total en metros		5,1

Descripción del proceso	# Actividad	Dista. (m)	Símbolo				
			●	➔	■	D	▼
Separar cortes	14		●				
Clasificar piezas para estampar	15		●				
Preparar estampadora	16		●				
Preparar pinturas	17		●				
Buscar moldes	18		●				
Seleccionar molde	19		●				
Estampar	20		●				
Transportar estampados al área de secado	4	1,2		●			
Clasificar piezas para bordar	21		●				
Encender máquina bordadora	22		●				
Seleccionar colores de hilos	23		●				
Buscar el modelo	24		●				
Seleccionar el modelo que será bordado	25		●				
Transportar los bordados hacia las estanterías	5	2		●			
Clasificar piezas para grabar	26		●				
Seleccionar molde	27		●				
Encender máquina	28		●				
Grabar logos y marcas	29		●				
Recolectar las piezas y enfundar	30		●				
Preparar forros, etiquetas, y piezas en general	31		●				
Inspeccionar cortes completos	3				●		
Enfundar los cortes completos	32		●				
Transportar hacia las estanterías	6	2		●			
Almacenar de forma ordenada	2						
TOTAL		5,1	19	3	1	0	1

	POOL SPORT					
CURSOGRAMA ANALÍTICO						
Diagrama N°	1	Hoja N°	4/6	RESUMEN		
Fecha	18/marzo/2024			SIMBOLO	ACTTIVIDAD	ACTUAL
Proceso	Aparado				Operación	25
Producto	Plásticas Sport (niño)				Transporte	3
Método	~~Actual~~ / Propuesto				Inspección	1
Lugar	Planta de producción				Espera	0
Elaborado por	El investigador				Almacenaje	1
Revisado por	Ing. Mauricio López			Total actividades realizadas		30
Aprobado por	Raúl Moposita			Distancia total en metros		22,2

Descripción del proceso	# Actividad	Dista. (m)	Símbolo				
			●	●	●	●	●
Transportar cortes hacia el área de aparado	7	15		●			
Retirar cortes de las fundas	33		●				
Acomodar los cortes en la mesa	34		●				
Pareo de cortes	35		●				
Buscar señalador de cueros	36		●				
Señalar capellada, u, medallones y talones	37		●				
Buscar colores de hilos requeridos	38		●				
Seleccionar hilos	39		●				
Armar medallones con la pieza U	40		●				
Coser figuras en las capelladas	41		●				
Unión de la capellada y medallón	42		●				
Coser figuras laterales por pares	43		●				
Colocación del talón y caña	44		●				
Costura del forro interno	45		●				
Buscar planchas de esponjas para esponjeado	46		●				
Cortar esponjas	47		●				
Colocar esponjas en las cañas	48		●				
Coser los forros, esponjas en el interior de las cañas	49		●				
Recoser la pieza U	50		●				
Preparar máquina ojalilladora	51		●				
Ojalillar	52		●				
Colocar ojalillos	53		●				
Trasportar los cortes hacia las máquinas de coser	8	2		●			
Colocar etiquetas en las lengüetas	54		●				
Coser lengüetas	55		●				
Coser las lengüetas en las zapatillas	56		●				
Revisar que los cortes se encuentren en orden	4				●		
Empaquetar por docenas	57		●				
Transportar hacia bodega	9	5,2		●			
Almacenar adecuadamente	3						●
TOTAL		22,2	25	3	1	0	1

	POOL SPORT					
CURSOGRAMA ANALÍTICO						
Diagrama N°	1	Hoja N°	5/6	RESUMEN		
Fecha	18/marzo/2024			SIMBOLO	ACTTIVIDAD	ACTUAL
Proceso	Plantado				Operación	20
Producto	Plásticas Sport (niño)				Transporte	5
Método	~~Actual~~ / Propuesto				Inspección	0
Lugar	Planta de producción				Espera	2
Elaborado por	El investigador				Almacenaje	0
Revisado por	Ing. Mauricio López			Total, actividades realizadas		27
Aprobado por	Raúl Moposita			Distancia total en metros		11,3

Descripción del proceso	# Actividad	Dista. (m)	Símbolo				
			●	●	●	●	▼
Buscar cortes en bodega	58		●				
Seleccionar los más prioritarios	59		●				
Separar cortes	60		●				
Acomodar cortes sobre las mesas de trabajo	61		●				
Recortar el exceso de forro	62		●				
Colocar isarcoll detrás del forro del talón	63		●				
Colocar super Flex en las capelladas	64		●				
Transportar los cortes a la máquina de estrobel	10	1,8		●			
Coser los bordes inferiores de los cortes	65		●				
Colocar en hormas	66		●				
Jaretear los cortes	67		●				
Rayar la altura hasta la que se coloca pegamento	68		●				
Buscar brocha	69		●				
Seleccionar brocha	70		●				
Colocar pegamento en la parte inferior del corte	71		●				
Buscar plantas	72		●				
Colocar pegamento en las plantas	73		●				
Transportar cortes y plantas a la maquina activadora	11	1,3		●			
Esperar 2 minutos	1					●	
Pegar los cortes a las plantas	74		●				
Transportar las zapatillas hacia las estanterías	12	1		●			
Esperar enfriamiento	2					●	
Transportar zapatillas hacia la prensadora	13	1,2		●			
Prensar las zapatillas	75		●				
Sacar de las hormas	76		●				
Colocar en gavetas	77		●				
Transportar las gavetas hacia el área de acabado	14	7		●			
TOTAL		11,3	20	5	0	2	0

	POOL SPORT					
CURSOGRAMA ANALÍTICO						
Diagrama N°	1	Hoja N°	6/6	RESUMEN		
Fecha	18/marzo/2024			SIMBOLO	ACTTIVIDAD	ACTUAL
Proceso	Acabado				Operación	10
Producto	Plásticas Sport (niño)				Transporte	1
Método	~~Actual~~ / Propuesto				Inspección	1
Lugar	Planta de producción				Espera	0
Elaborado por	El investigador				Almacenaje	1
Revisado por	Ing. Mauricio López			Total actividades realizadas		13
Aprobado por	Raúl Moposita			Distancia total en metros		22

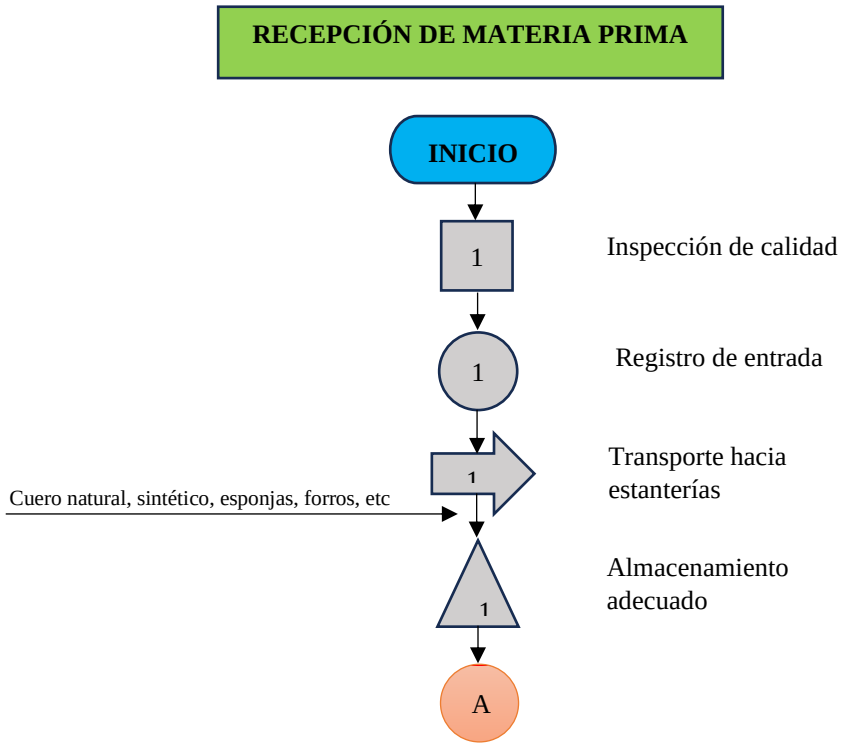
Descripción del proceso	# Actividad	Dista. (m)	Símbolo				
			●	●	●	●	▼
Sacar las zapatillas de las gavetas	78		●				
Acomodar las zapatillas en las mesas de trabajo	79		●				
Colocar plantillas	80		●				
Colocar pasadores	81		●				
Colocar cartón debajo de la capellada	82		●				
Clasificar las zapatillas por docenas y por series	83		●				
Colocar series	84		●				
Cortar hilos sobrantes	85		●				
Limpiar plantas	86		●				
Revisar las zapatillas	5				●		
Empacar	87		●				
Transportar hacia la bodega	15	22		●			
Almacenar en las estanterías de forma adecuada	4						●
TOTAL		22	10	1	1	0	1

Anexo Q. Diagramas sinópticos de los procesos productivos

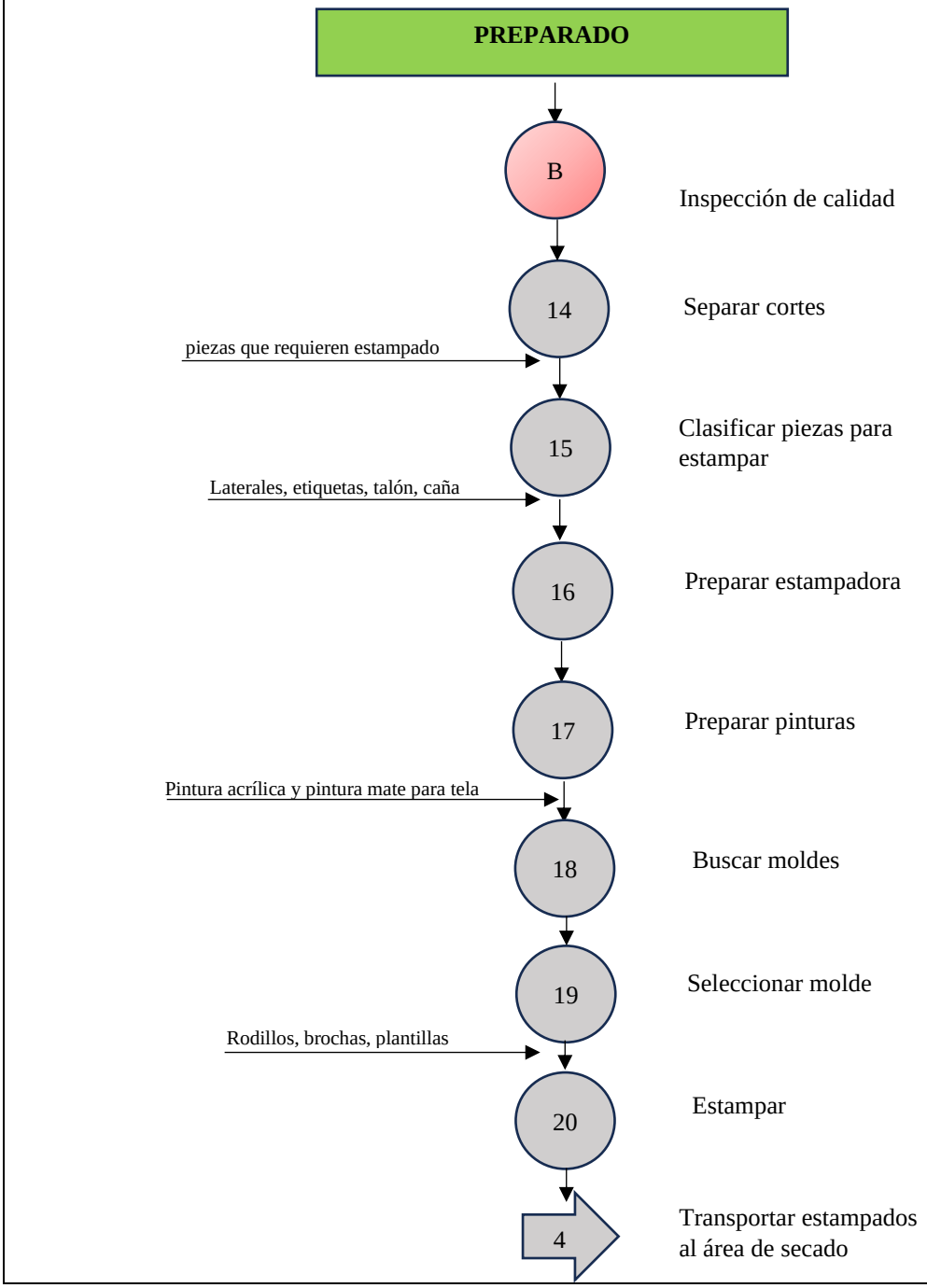
En la Tabla Q1 se muestran los diagramas sinópticos de los procesos de recepción, preparado, aparado, plantado y acabado.

Tabla Q1. Cursogramas sinópticos

	POOL SPORT		
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 1/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Recepción de materia prima		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

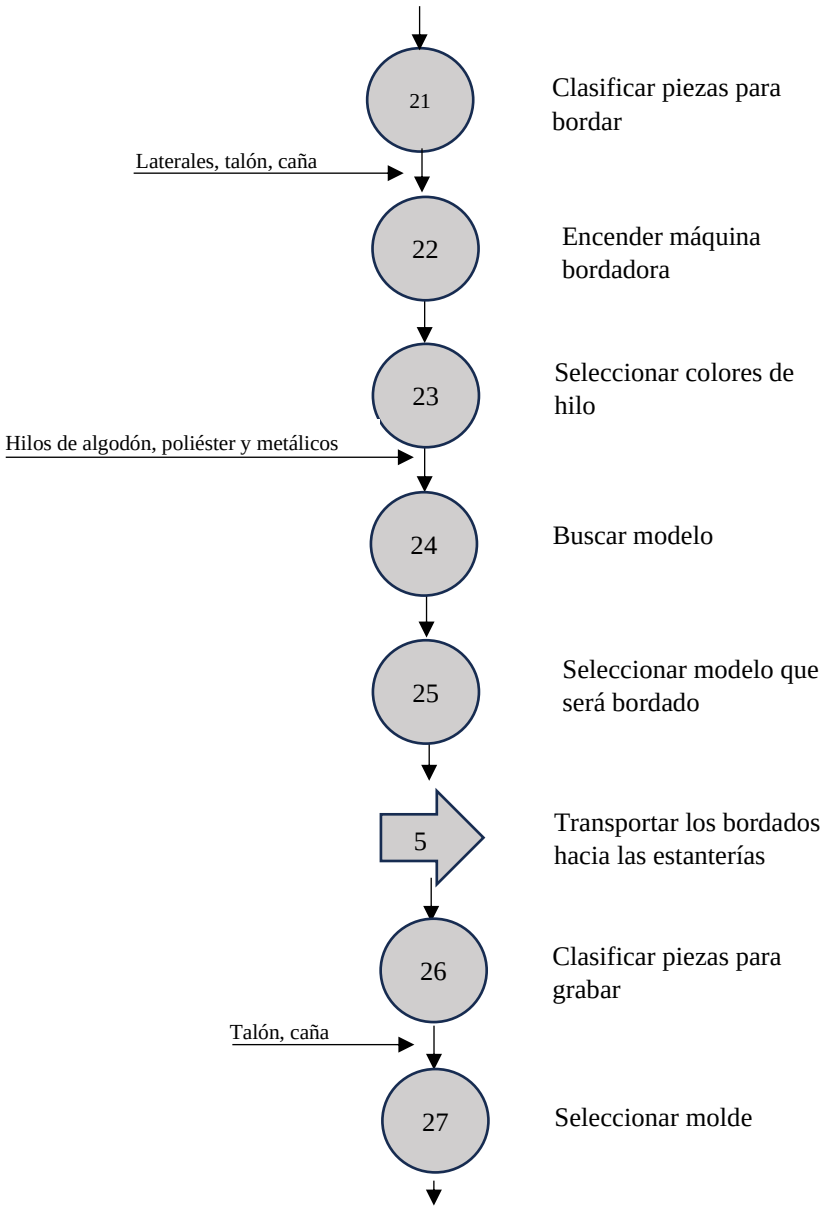


POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 4/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Preparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

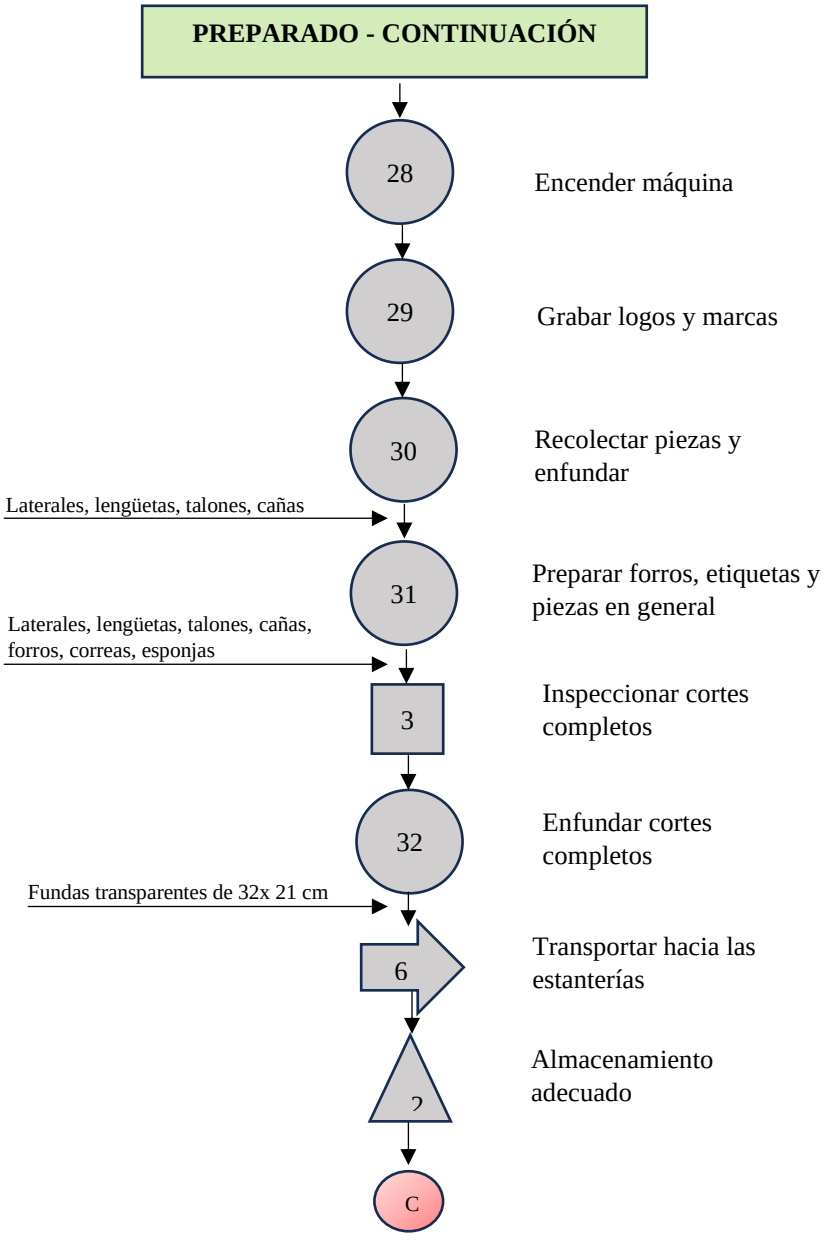


POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 5/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Preparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

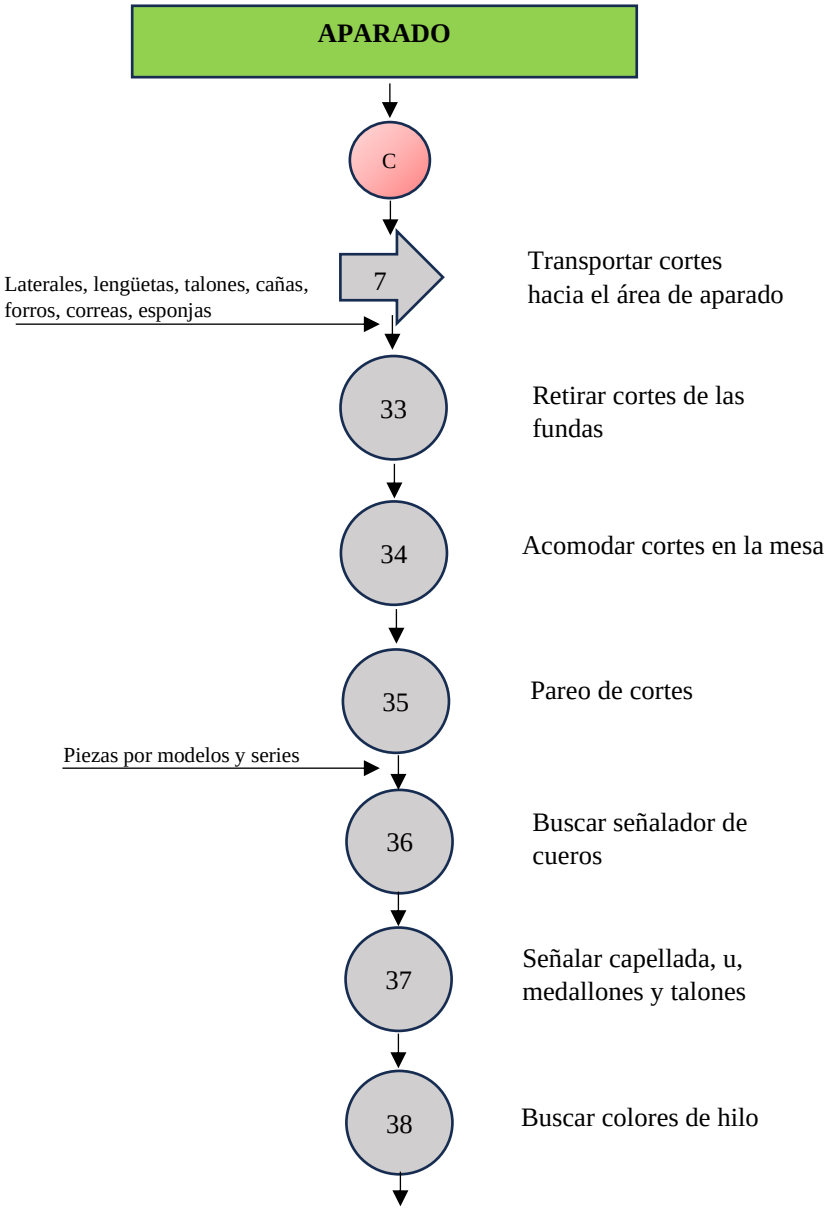
PREPARADO - CONTINUACIÓN



POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 6/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Preparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

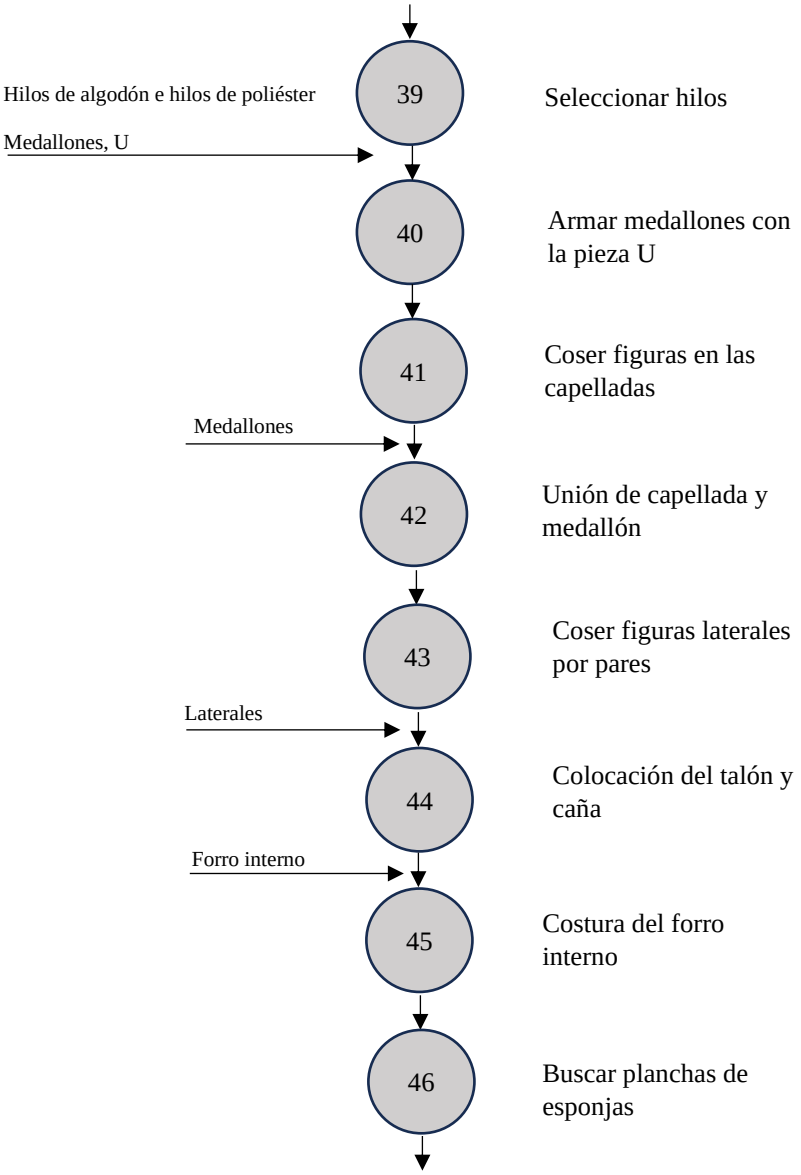


POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 7/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Aparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			



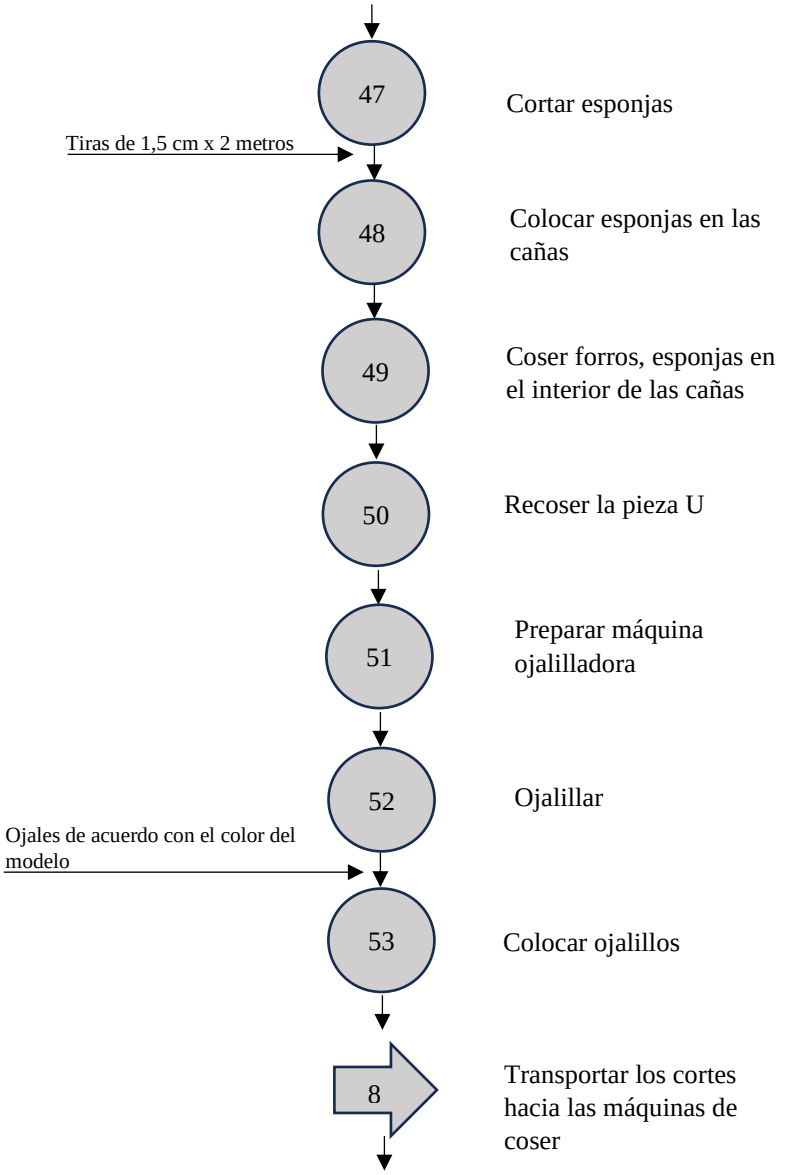
POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 8/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Aparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

APARADO - CONTINUACIÓN



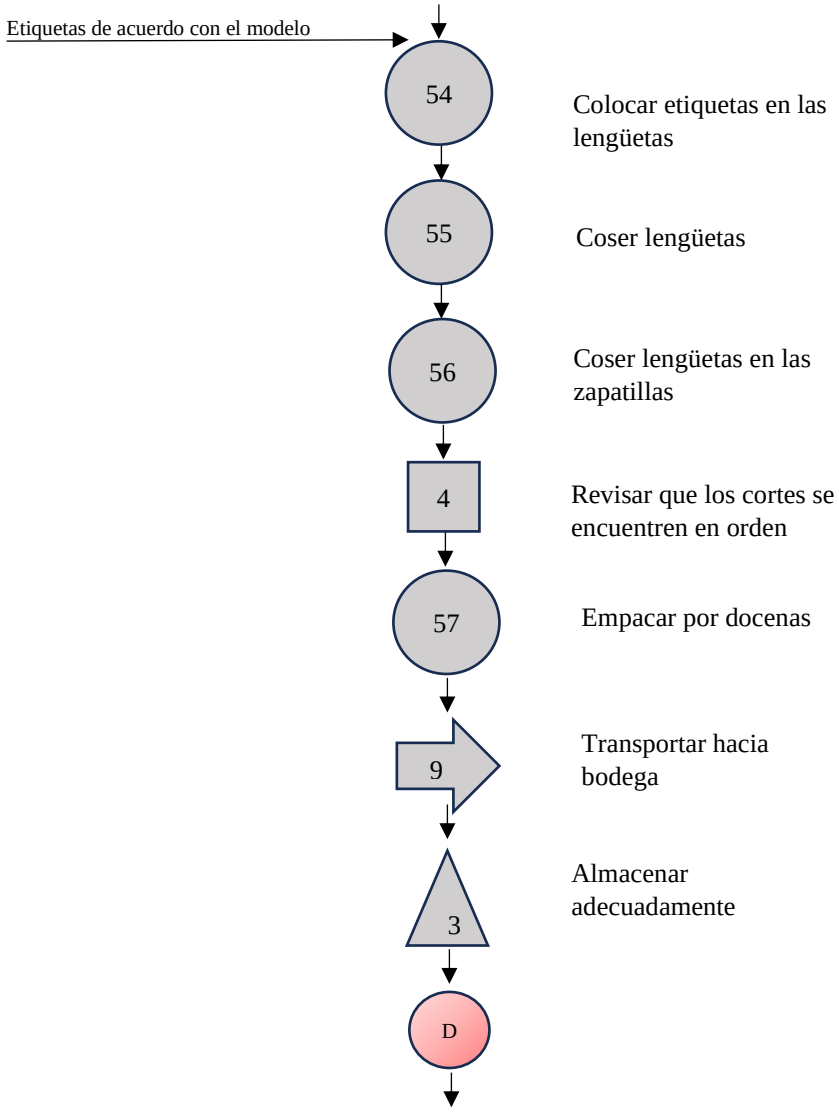
POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 9/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Aparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

APARADO - CONTINUACIÓN

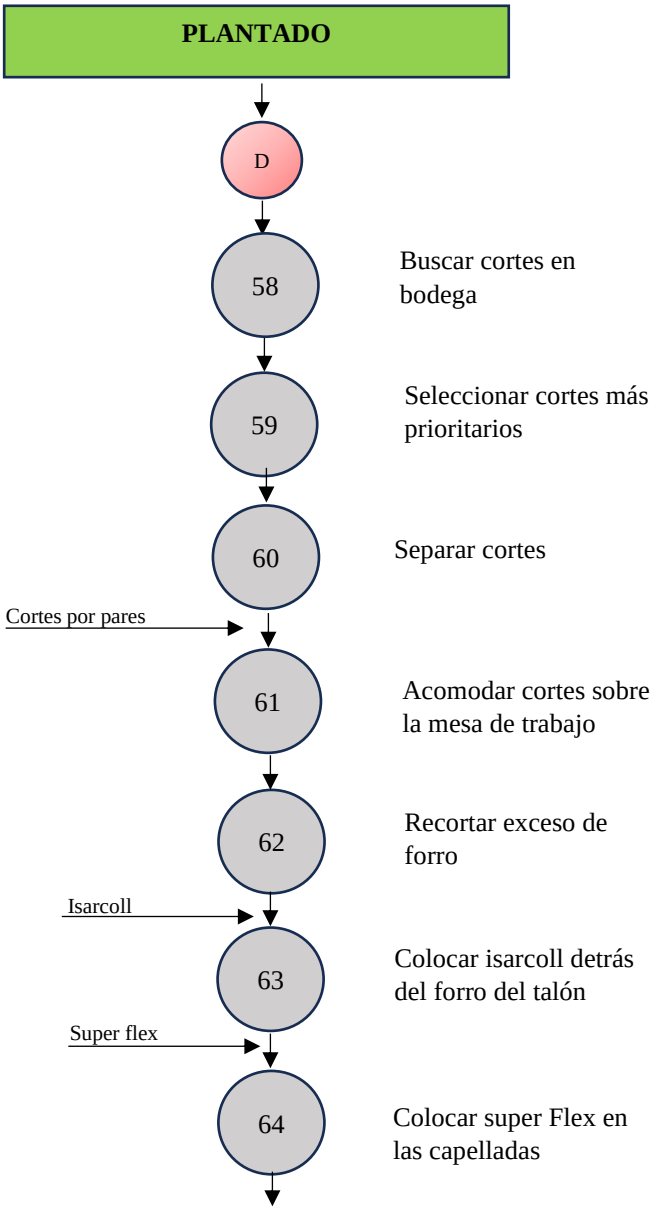


POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 10/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Aparado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

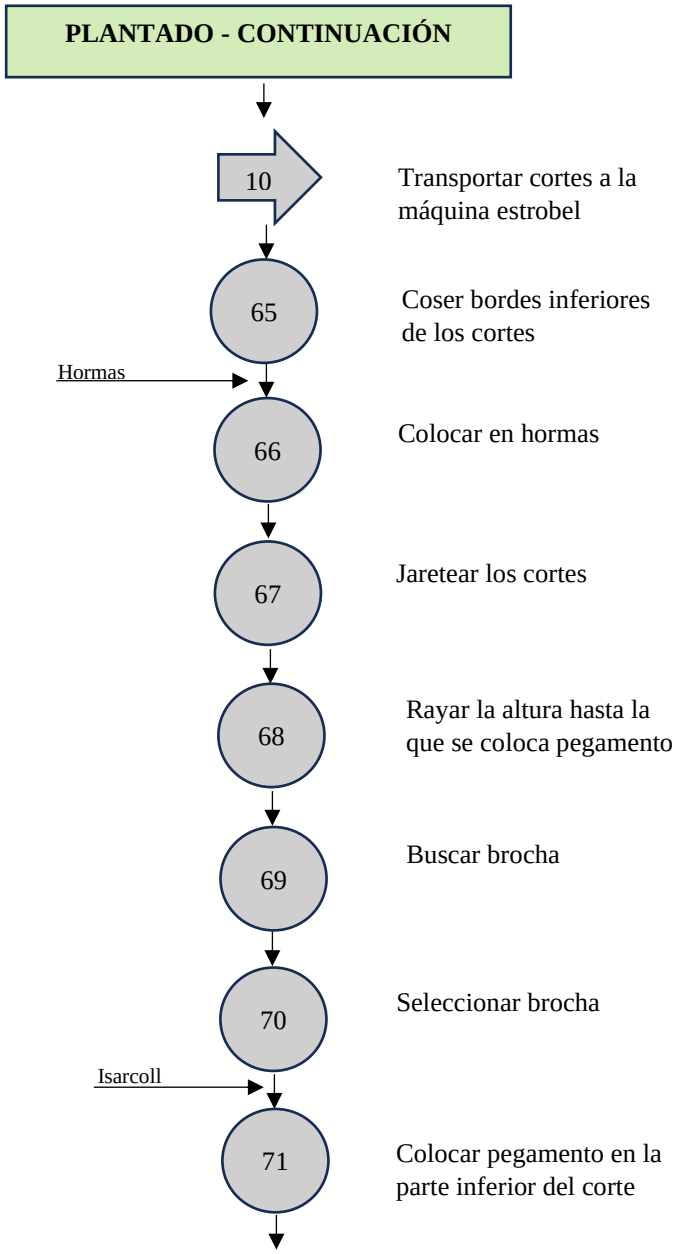
APARADO - CONTINUACIÓN



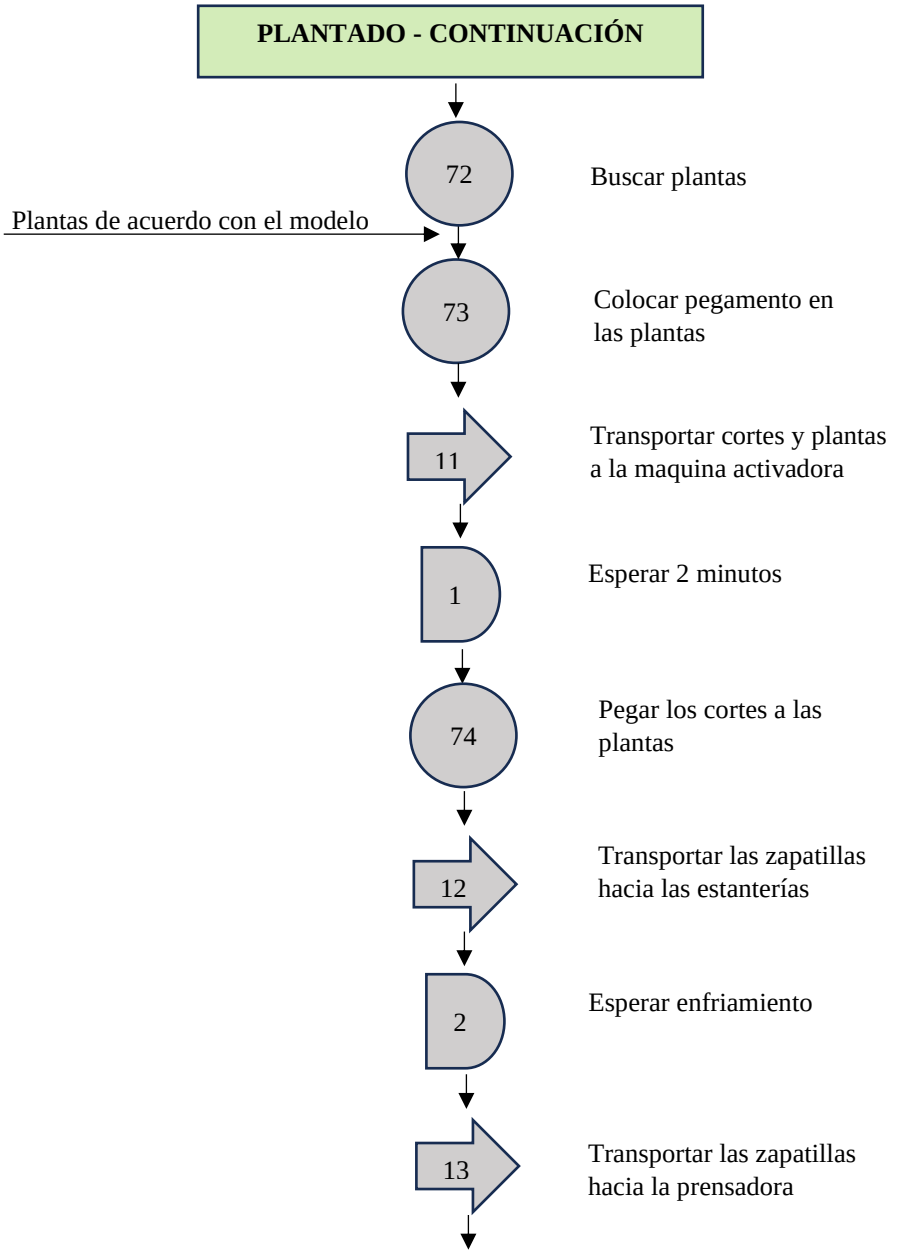
POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 11/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Plantado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			



POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 12/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Plantado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

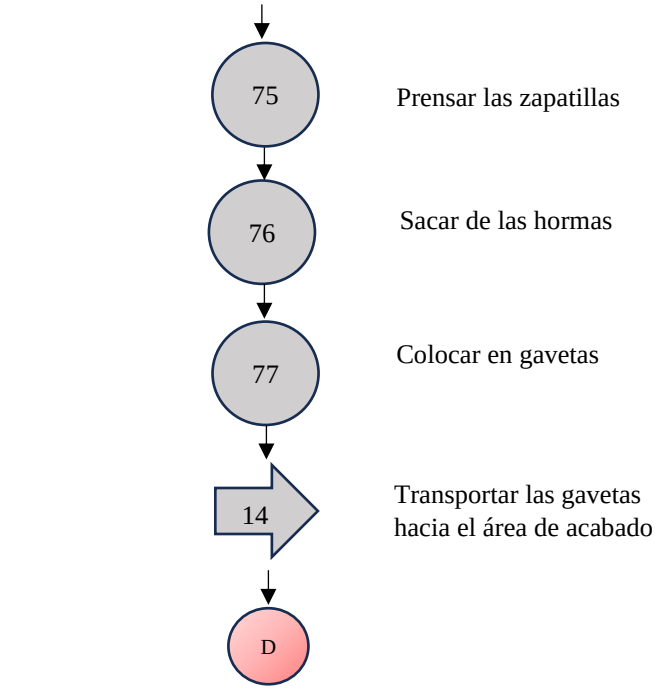


POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 13/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Plantado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

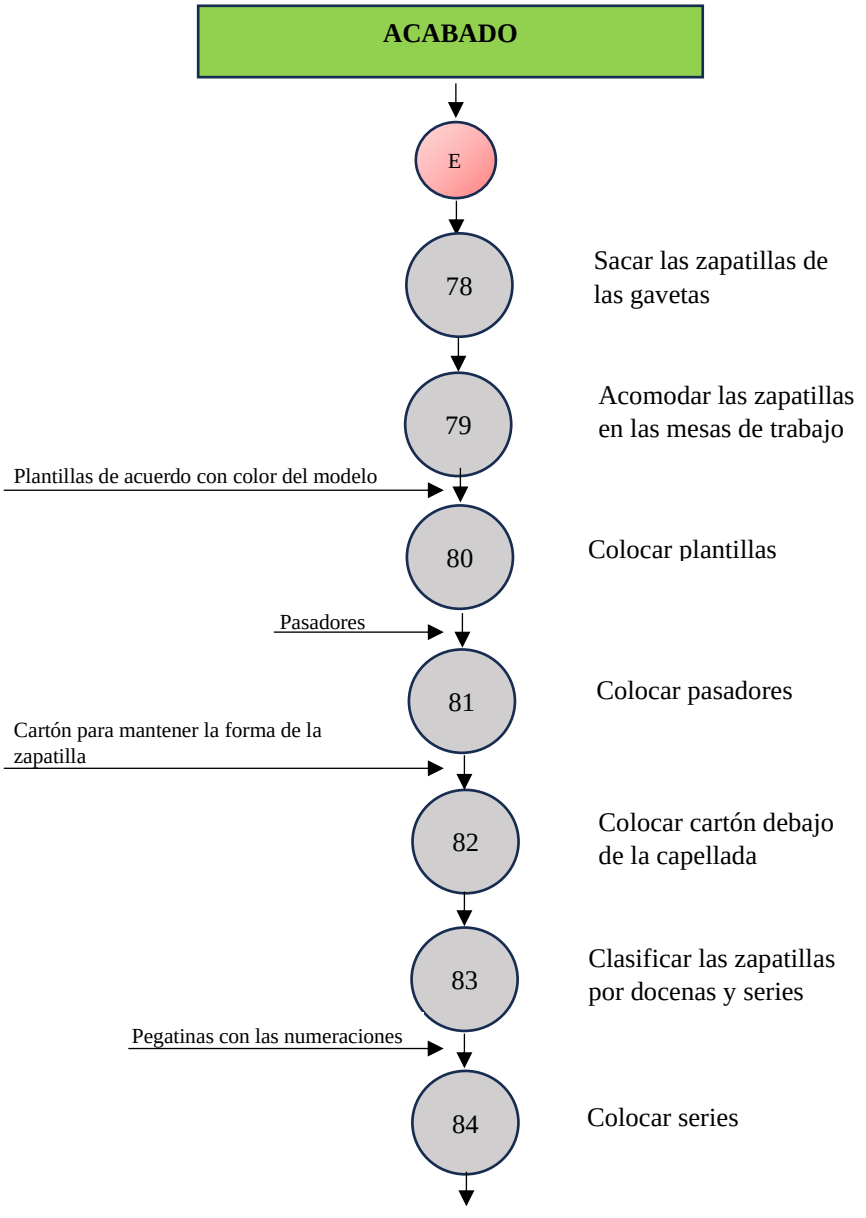


POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 14/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Plantado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

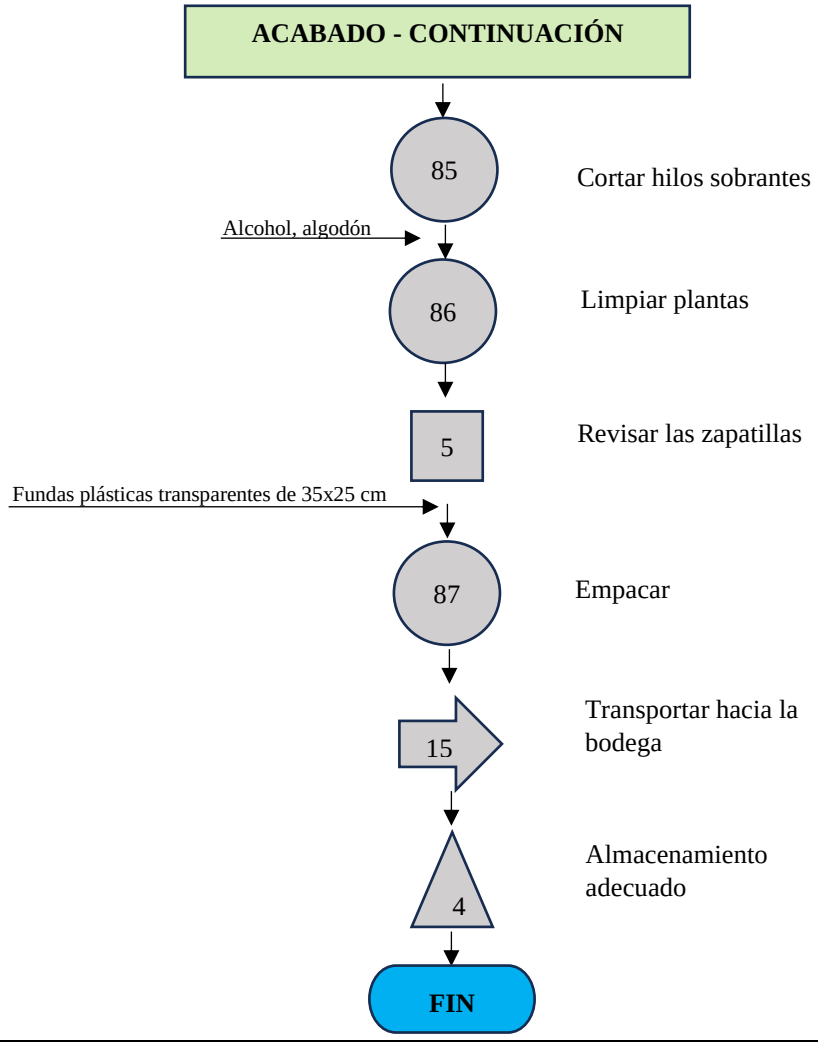
PLANTADO - CONTINUACIÓN



POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 15/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Acabado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			



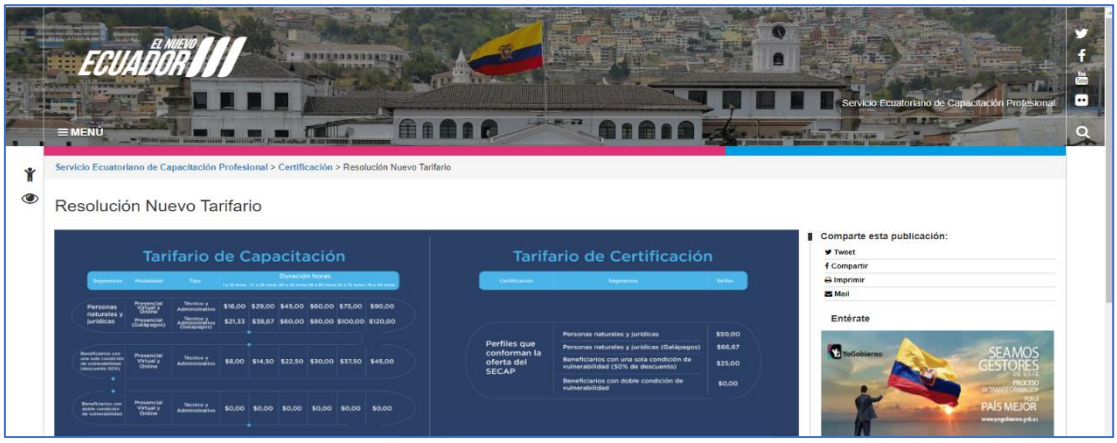
POOL SPORT			
DIAGRAMA SINÓPTICO			
Diagrama N°: 2	**Hoja N°:** 16/16	**Fecha**	22/marzo/2024
Proceso: Acabado		**Elaborado por:** El investigador	
Producto: Sport Plásticas (niño)		**Revisado por:** Ing. Mauricio López	
Método: ~~Actual~~ / Propuesto		**Aprobado por:** Raúl Moposita	
Lugar: planta de producción			

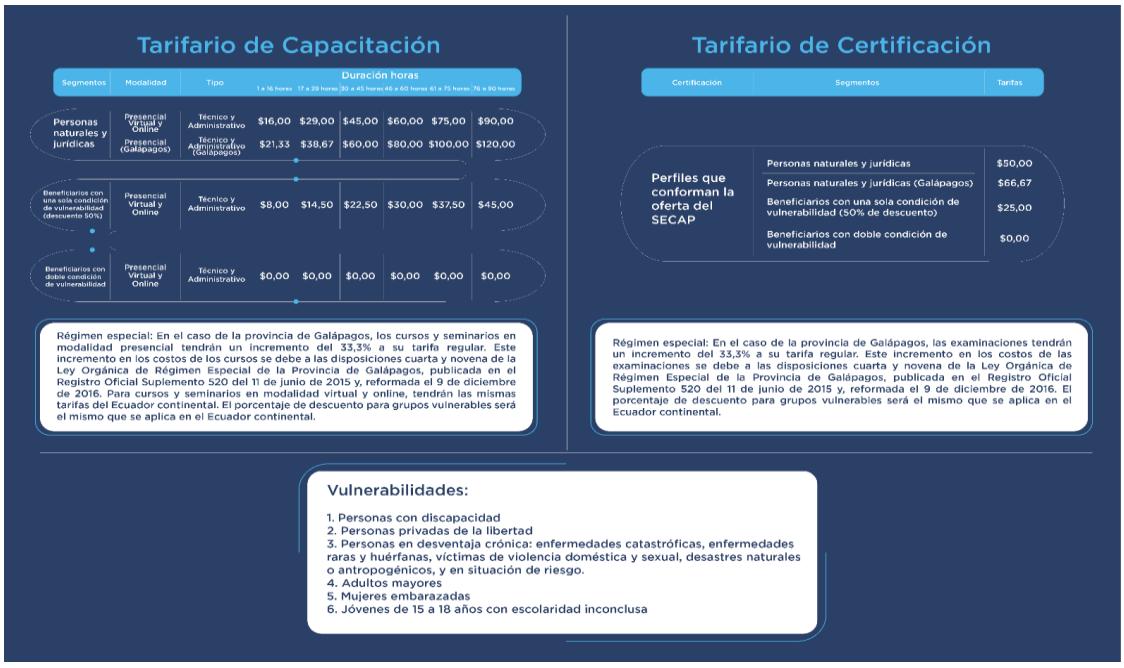


Anexo R. Tarifario de capacitación (SECAP)

En la Figura R1 se muestran los costos por hora para las capacitaciones estipuladas por el servicio ecuatoriano de capacitación profesional

Figura R1. Tarifario de capacitación





Anexo S. Datos recopilados para el estudio R&R para atributos

En la Tabla S1 se muestran los datos referente a las semanas y pares observados

Tabla S1. Datos copilados para el estudio R&R

	POOL SPORT						
ESTUDIO R&R PARA ATRIBUTOS							
	Semana 1		Semana 2			Repetibilidad	
N° par de zapatillas	Op1	Op2	Op1	Op2	Suma	Op1	Op2
1	1	1	1	1	4	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	4	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	4	0	0
6	1	1	1	1	4	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	4	0	0
9	1	0	0	0	1	1	0
10	1	1	1	1	4	0	0
11	1	1	1	0	3	0	1
12	1	1	1	1	4	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	1	4	0	0
15	1	1	1	1	4	0	0
16	1	1	1	1	4	0	0
17	1	1	0	1	3	1	0
18	0	0	1	0	1	1	0
19	1	1	1	0	3	0	1
20	1	1	1	1	4	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	1	1	1	1	4	0	0
23	1	0	1	0	2	0	0
24	1	1	1	1	4	0	0
25	0	0	0	0	4	0	0
26	0	1	0	1	2	0	0
27	0	0	0	0	4	0	0
28	0	1	0	1	2	0	0
29	1	1	1	1	4	0	0
30	1	1	1	1	4	0	0
TOTAL	19	19	18	17		4	2
Desacuerdo entre parejas					21		

Anexo T. Resumen estudio R&R para atributos

En la Tabla T1 se muestran el resumen del estudio R&R.

Tabla T1. Resumen el estudio R&R

Nivel de acuerdo	Desacuerdos	Número de pares de zapatillas	Desacuerdos totales
0 o 4	0	22	0
1 0 3	3	5	15
2	4	3	12
	Total	30	27

Tabla T2. Resultados de repetibilidad del estudio R&R

Operador	Desacuerdos	Oportunidades	Porcentaje
1	4	30	13,33%
2	2	30	6,66%
Total	6	60	10%

Tabla T3. Resultados de reproducibilidad del estudio R&R

Operador	Número de pares		Total aceptadas	Total evaluadas	Porcentaje de aceptación
	Semana 1	Semana 2			
1	19	18	37	60	61,66%
2	19	17	38	60	63,33%
Total			75	120	62,5%