



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN

Tema:

HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA AJUSTADA PARA MEJORA DEL
PROCESO PRODUCTIVO DE CALZADO ORTOPÉDICO DE LA EMPRESA
LIWI MEDICAL

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Josué Leonardo Idrobo Albán

TUTOR: Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.

Ambato - Ecuador

Marzo – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: **HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA AJUSTADA PARA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CALZADO ORTOPÉDICO DE LA EMPRESA LIWI MEDICAL**, desarrollado bajo la modalidad de Proyecto de Investigación por el señor Josué Leonardo Idrobo Albán, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 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 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2023.

Ing. John Paúl Reyes Vásquez, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: **HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA AJUSTADA PARA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CALZADO ORTOPÉDICO DE LA EMPRESA LIWI MEDICAL**, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023.



Josué Leonardo Idrobo Albán

C.C. 0502691207

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023.



.....
Josué Leonardo Idrobo Albán

C.C. 0502691207

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Josué Leonardo Idrobo Albán, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad de Proyecto de Investigación, titulado **HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA AJUSTADA PARA MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CALZADO ORTOPÉDICO DE LA EMPRESA LIWI MEDICAL**, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. PhD. Victor Guachimposa Villalba

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Jessica López Arboleda

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi familia, quienes son el pilar fundamental en mi vida, y me han alentado a continuar con su apoyo incondicional en cada momento, brindándome confianza en cada etapa de mi vida, logrando atravesar cualquier adversidad.

Josué Leonardo Idrobo Albán

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios, por guiarme con su infinito amor y permitirme tomar buenas decisiones.

A mis padres, familia y amigos que me enseñaron a ser fuerte y no dejarme vencer por las dificultades, siendo ejemplos de trabajo, esfuerzo y disciplina, y por sus sacrificios logre cumplir mis metas.

A mi tutor de tesis Ing. John Reyes por dedicarme su tiempo y asesorarme con paciencia para realizar este proyecto y a todos los docentes que forman y formaron la FISEI que aportaron mi formación como profesional.

A la empresa LIWI por depositar la confianza en mí y brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto de investigación.

Josué Leonardo Idrobo Albán

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	v
DERECHOS DE AUTOR	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPITULO I.....	1
1.1. Tema de investigación.....	1
1.2. Antecedentes investigativos	1
1.2.1. Contextualización del problema.....	4
1.2.2. Fundamentación teórica	6
1.3. Objetivos	24
1.3.1. Objetivo general	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	24
CAPITULO II	25
2.1. Materiales	25
2.2. Métodos	26
2.2.1. Modalidad de investigación	26
2.3. Población y muestra	27

2.4.	Recolección de información.....	27
2.5.	Procesamiento y análisis de datos	28
CAPITULO III.....		29
3.1.	Propuesta de solución.....	29
3.2.	Desarrollo del proyecto	29
3.3.	Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de calzado ortopédico 30	
3.3.1.	Productos ofertados	32
3.3.2.	Procesos productivos.....	38
3.3.3.	Estudio de tiempos	50
3.3.4.	Análisis del método actual de producción del modelo DE02	53
3.3.5.	Flujograma de la producción del calzado ortopédico DE02	53
3.3.6.	Cursograma analítico.....	55
3.3.7.	Capacidad de producción y medición de procesos.....	59
3.4.	Manufactura ajustada para el mejoramiento del proceso productivo de calzado ortopédico 61	
3.4.1.	Herramienta de diagnóstico: VSM actual	61
3.4.2.	Identificación de desperdicios.....	63
3.4.3.	Selección de herramientas de MA.....	68
3.4.4.	Aplicación de herramientas de MA.....	72
3.4.5.	Mejoras propuestas del proceso productivo	102
3.4.6.	Cursograma analítico propuesto	105
3.4.7.	VSM Propuesto	107
3.4.8.	Ratio de valor agregado propuesto (RVA).....	109
3.5.	Simulación y propuesta de solución para la mejora del proceso productivo de calzado ortopédico	110
3.5.1.	Simulación actual	110

3.5.2. Simulación propuesta	116
3.6. Análisis de resultados	118
CAPÍTULO IV	122
4.1. Conclusiones	122
4.2. Recomendaciones	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	129
Anexo 1: ABC de líneas de calzado ortopédico manejadas por LIWI del año 2019 al 2021	129
Anexo 2: Maquinaria usada para la fabricación de calzado ortopédico.....	129
Anexo 3: Tabla General Electric Company	132
Anexo 4: Calculo de tiempos estándar de cada subproceso.....	133
Anexo 5: Layout de la empresa LIWI Medical.....	150
Anexo 6: Diagrama de identificación de desperdicios.....	151
Anexo 7. Cálculo de tiempos VA y NVA actual	154
Anexo 8. Diagrama de Pareto de desperdicios identificados.....	157
Anexo 9. Ponderaciones para la selección de herramientas de MA mediante Superdesiccions	157
Anexo 10. Auditoria inicial 5s	161
Anexo 11: Capacitación del personal sobre la importancia de la metodología 5s... 164	
Anexo 12: Formato de tarjeta roja	165
Anexo 13: Registro de tarjetas rojas	165
Anexo 14. Plan de limpieza LIWI Medical	166
Anexo 15. Procedimiento de limpieza para cada área	167
Anexo 16 Cursograma analítico propuesto	170
Anexo 17. Cálculo de tiempos VA y NVA propuesto	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Calificación de la actuación sistema Westinghouse	12
Tabla 2 Sistema de suplementos por descanso Tiempos Básicos	13
Tabla 3 Comparación de softwares de simulación.....	23
Tabla 4 Materiales.....	25
Tabla 5 Productos ofertados: líneas de calzado y modelos.....	32
Tabla 6 Venta anual 2019 al 2021 de cada línea.....	33
Tabla 7 ABC modelos de líneas de calzado: escolar, terapia y diabético.....	35
Tabla 8 Modelos tipo A, línea escolar, terapia y casual de los años 2019 al 2021	37
Tabla 9 Cálculo de tiempo estándar subproceso Corte	51
Tabla 10 Resumen del tiempo estándar de producción zapato ortopédico DE02.....	52
Tabla 11 Cursograma analítico actual zapato ortopédico DE02.....	55
Tabla 12 Resumen cursograma analítico	57
Tabla 13 Capacidad de producción diaria del modelo DE02.....	59
Tabla 14 Recursos restringidos por la capacidad.....	61
Tabla 15 Tiempos de inventario.....	62
Tabla 16 Resumen de desperdicios	63
Tabla 17 Resumen de tiempos VA y NVA.....	66
Tabla 18 Datos para el cálculo de productividad actual	67
Tabla 19 Escala numérica de intensidad	71
Tabla 20 Tabulación inicial de 5s	72
Tabla 21 Identificación y colocación de tarjetas rojas.....	74
Tabla 22 Reglas para ordenar.....	78
Tabla 23 Propuestas de mejora para herramientas.....	79
Tabla 24 Propuestas de mejora para inventarios entre procesos.....	79
Tabla 25 Propuestas de mejora para equipos de limpieza.....	80
Tabla 26 Propuestas de mejora para señalización.....	81
Tabla 27 Propuesta de mejora para la delimitación de superficies	82
Tabla 28 Procedimiento de limpieza para el área de corte.....	83
Tabla 29 Estado actual vs estado propuesto Seiso	84
Tabla 30 Comparación auditoria 5s inicial vs propuesta	88
Tabla 31 Operaciones para el preparado de lote	91

Tabla 32 Operaciones para el preparado de máquinas.....	92
Tabla 33 Transformación de operaciones internas en externas preparado de lote.....	94
Tabla 34 Transformación de operaciones internas en externas preparado de máquinas	96
Tabla 35 Comparación de tiempos propuestos por SMED.....	99
Tabla 36 Mejoras propuestas del proceso productivo.....	102
Tabla 37 Resumen cursograma analítico	105
Tabla 38 Resumen de tiempos estándar propuestos de producción zapato ortopédico DE02	105
Tabla 39 Capacidades de producción diarias propuestas del modelo DE02.....	107
Tabla 40 Resumen de tiempos VA y NVA propuesto	109
Tabla 41 Recursos utilizados en FlexSim	110
Tabla 42 Distribuciones por procesos	112
Tabla 43 Distribuciones por procesos para simulación propuesta.....	117
Tabla 44 Datos para el cálculo de productividad propuesta	118
Tabla 45 Resumen de mejoras propuestas	121
Tabla 46 Clasificación por línea de calzado ortopédico ABC de los años 2019 al 2021.....	129
Tabla 47 Descripción de maquinaria.....	129
Tabla 48 Tabla general electric para estudio de tiempos	132
Tabla 49 Cálculo de tiempo estándar Punta y contrafuerte.....	133
Tabla 50 Cálculo de tiempo estándar formación de plantilla.....	134
Tabla 51 Cálculo de tiempo estándar rayado	135
Tabla 52 Cálculo de tiempo estándar destallado.....	135
Tabla 53 Cálculo de tiempo estándar aparado talón	136
Tabla 54 Cálculo de tiempo estándar aparado de cuello.....	137
Tabla 55 Cálculo de tiempo estándar aparado de capellada	138
Tabla 56 Cálculo de tiempo estándar aparado de lengüeta	139
Tabla 57 Cálculo de tiempo estándar aparado de plantilla	140
Tabla 58 Cálculo de tiempo estándar montaje de talón	141
Tabla 59 Cálculo de tiempo estándar montaje de punta	142
Tabla 60 Cálculo de tiempo estándar preparado de horma	142
Tabla 61 Cálculo de tiempo estándar empastado.....	143

Tabla 62 Cálculo de tiempo estándar armado de punta	144
Tabla 63 Cálculo de tiempo estándar armado de talón	145
Tabla 64 Cálculo de tiempo estándar preparado de planta	145
Tabla 65 Cálculo de tiempo estándar rayado	146
Tabla 66 Cálculo de tiempo estándar cardado	147
Tabla 67 Cálculo de tiempo estándar pegado de planta.....	148
Tabla 68 Cálculo de tiempo estándar terminado y empaquetado	148
Tabla 69 Matriz de desperdicios	151
Tabla 70 Cálculo de tiempos VA y NVA actual.....	154
Tabla 71 Desperdicios identificados	157
Tabla 72 Tarjeta roja	165
Tabla 73 Registro de tarjetas rojas	165
Tabla 74 Plan de limpieza y su responsable.....	166
Tabla 75 Procedimiento de limpieza del área de rayado y destallado	167
Tabla 76 Procedimiento de limpieza del área de aparado.....	167
Tabla 77 Procedimiento de limpieza del área de montaje y empastado	168
Tabla 78 Procedimiento de limpieza del área de armado	168
Tabla 79 Procedimiento de limpieza del área de Cardado y preparado de planta ...	169
Tabla 80 Procedimiento de limpieza del área de pegado de planta y terminado y empaquetado	169
Tabla 81 Cursograma analítico propuesto del zapato ortopédico DE02.....	170
Tabla 82 Cálculo de tiempos VA y NVA propuesto.....	173

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de un proceso.....	6
Figura 2. Elementos de un proceso	7
Figura 3. Mapa de procesos general.....	10
Figura 4. Tipos de holguras.....	13
Figura 5. Mapa de flujo de valor.....	17
Figura 6. Símbolo de procesos	17
Figura 7. Símbolos de material	18
Figura 8. Símbolos de información.....	18
Figura 9. Símbolos generales	18
Figura 10. Implementación VSM.....	18
Figura 11. Organigrama empresarial.....	31
Figura 12. ABC de líneas de calzado 2019 al 2021	34
Figura 13. Clasificación ABC por modelos de líneas de calzado: escolar, terapia y diabético	36
Figura 14. Corte del cuero.....	38
Figura 15. Corte de eva	38
Figura 16. Rayado de piezas	39
Figura 17. Embolsado	39
Figura 18. Partes del DE02	40
Figura 19. Inserción de contrafuertes.....	40
Figura 20. Activación puntera.....	41
Figura 21. Pegamento en suela y planta.....	41
Figura 22. Formado de punta	42
Figura 23. Colocación de horma	41
Figura 24. Reactivación punta.....	42
Figura 25. Cerrado de costado y talón	42
Figura 26. Preparado de planta.....	43
Figura 27. Rayado de planta.....	43
Figura 28. Cardado de planta	43
Figura 29. Reactivadora de plantas	44
Figura 30. Terminado y empaquetado	44

Figura 31. Diagrama de ensamble modelo DE02	45
Figura 32. Flujograma de producción del modelo DE02	53
Figura 33 Diagrama de recorrido actual del material.....	58
Figura 34. Diagrama de Pareto del impacto de desperdicios identificados	63
Figura 35. Identificación de desperdicios VSM Actual	65
Figura 36. Árbol jerárquico según metodología AHP	70
Figura 37. Resultados de inconsistencia del análisis AHP	71
Figura 38. Resultados del análisis AHP para toma de decisiones desde Superdecisiones	72
Figura 39. Decisión para implementar tarjetas rojas.....	73
Figura 40. Antes de proponer Seiri	77
Figura 41. Representación gráfica del % de mejora propuesta de auditoria 5s	89
Figura 42. Resultados de SMED	99
Figura 43. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de corte.....	100
Figura 44. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de destallado y rayado	100
Figura 45. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de aparado	101
Figura 46. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de armado	101
Figura 47. VSM propuesto	108
Figura 48. Ejemplo del ingreso de distribuciones a los procesos	112
Figura 49. Conexión entre operarios y procesos	113
Figura 50. Programación de la jornada laboral	113
Figura 51. Resultados de simulación actual.....	114
Figura 52. Escenarios propuestos para Experimenter	115
Figura 53. Resultados del Experimenter	116
Figura 55. Resultados de simulación propuesta.....	117
Figura 56. Capacidad de producción semanal propuesta	120
Figura 57. Resultados de simulación actual y propuesta	121
Figura 58. Ponderación de Criterios para la selección de herramientas de MA	157
Figura 59. Ponderación enfocada a eliminación de desperdicios	158
Figura 60. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocado a la eliminación de desperdicios.....	158
Figura 61. Ponderación enfocada a el mejoramiento de la calidad.....	158

Figura 62. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocado a el mejoramiento de la calidad.....	159
Figura 63. Ponderación enfocada en la relación costo/facilidad.....	159
Figura 64. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocado en la relación costo/facilidad	159
Figura 65. Ponderación enfocada en la identificación de fallos.....	160
Figura 66. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocado en la identificación de fallos	160
Figura 67. Introducción al personal a las 5s.....	164
Figura 68. Capacitación sobre la importancia de 5s	164
Figura 69. Conclusión de la capacitación 5s.....	164

RESUMEN EJECUTIVO

La adopción de la filosofía de manufactura ajustada en la actualidad es vista como una necesidad, debido a que es un elemento diferenciador y de éxito para asegurar una alta competitividad en el mercado. LIWI medical, empresa ecuatoriana dedicada a la fabricación de calzado ortopédico a nivel nacional, presentó una carencia de control sobre su cadena de valor y procesos productivos, desaprovechando al máximo su capacidad, creando un impacto negativo sobre sus costos de producción, productividad. Por lo tanto, el objetivo del proyecto investigativo se centró en una propuesta de mejora mediante las adecuadas herramientas de manufactura ajustada, teniendo un impacto positivo, reduciendo desperdicios y mejorando sus capacidades.

A través de las herramientas de ingeniería industrial, se realizó un levantamiento de información que permitió conocer la situación actual de la empresa y sobre todo identificar y describir las actividades de producción. Para encontrar los desperdicios se aplicó el mapa de flujo de valor con el fin de establecer las actividades que no agregan valor al proceso. Para la selección de herramientas operativas se utilizó la metodología Proceso analítico jerárquico, mostrando que las herramientas con mayor impacto son: 5s y cambio de herramientas rápido, las cuales permitieron reducir o eliminar los desperdicios. Igualmente, se diseñó un modelo de simulación del proceso en el programa FlexSim, con las propuestas de mejora.

Los resultados muestran que la aplicación de herramientas de manufactura ajustada mejoró la eficiencia en los procesos al reducir el “takt time un 30,28%, logrando producir 45 pares al día representado una mejora del 22,86%, con una productividad de 1,30 que mejoró un 2,36% respecto a la situación actual mejorando el sistema productivo.

Palabras clave: Manufactura ajustada, simulación de procesos, desperdicios.

ABSTRACT

Adoption of the lean manufacturing philosophy is currently seen as a necessity since it is a differentiating and successful element to ensure high competitiveness in the market. LIWI medical, an Ecuadorian company dedicated to the manufacture of orthopedic footwear at national level, presents a lack of control over its value chain and production processes, wasting the maximum of its capacity, creating a negative impact on its production costs, productivity. Therefore, the objective of the research project focuses on a proposal for improvement through appropriate lean manufacturing tools, which will have a positive impact on the footwear production line by reducing waste and thus improving its capacity.

Using industrial engineering tools, information is gathered to determine the current situation of the company and, above all, to identify and describe the production activities. To find the waste, the value stream map is applied to establish the activities that do not add value to the process. For the selection of operational tools, the hierarchical analytical process methodology is used, showing that the tools with the greatest impact are: 5s and quick tool change, which allow reducing or eliminating waste. Likewise, a simulation model of the process is designed in the FlexSim program, with the improvement proposals.

The results show that the application of lean manufacturing tools improves process efficiency by reducing the takt time by 30.28%, achieving the production of 45 pairs per day, representing an improvement of 22.86%, with a productivity of 1.30, which improved by 2.36% compared to the current situation, improving the production system.

Keywords: Lean manufacturing, process simulation, waste.

INTRODUCCIÓN

Frente a la situación económica que se vive actualmente, para sobrevivir a los entornos competitivos, las industrias buscan alternativas versátiles para adaptarse a los diferentes escenarios cambiantes en la búsqueda de mejores modelos productivos, los cuales permitan mejorar la productividad, eficiencia y ser más competitivos, satisfaciendo la demanda que plantean los mercados, por lo que la manufactura ajustada se ha convertido en una alternativa idónea, siendo un conjunto integrado de procedimientos y actividades diseñadas para mejorar la producción en general, identificando de manera sistemática los desperdicios, reduciéndolos o eliminándolos, utilizando los mínimos inventarios posibles y así aprovechando al máximo los recursos de producción además de mantener bajos los costes de producción.

Esta metodología fue desarrollada para ayudar a las empresas a lograr estos objetivos, mediante el uso de herramientas y técnicas apropiadas, readecuando la producción al ritmo que el cliente lo requiera, y para lograrlo se requiere eliminar o reducir al máximo los desperdicios presentados dentro de los procesos productivos, siendo estos todas las actividades que no agregan valor al producto final y los clientes no están dispuestos a pagar.

LIWI Medical adopta la manufactura ajustada para la eliminación de desperdicios y mejorar la eficiencia de la producción. Las operaciones de la empresa están dominadas por una estacionalidad de la producción y además de una amplia gama de productos, lo que se asocia con cambios frecuentes que consumen gran parte del tiempo de funcionamiento. Por lo que se procede al desarrollo de una propuesta de mejora basada en herramientas de manufactura ajustada para mejorar la productividad, enfocándose en tres herramientas: Mapa de flujo de valor, 5s y cambio rápido de herramientas, que tienen el efecto más directo en la eliminación de desperdicios.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de investigación

Herramientas de manufactura ajustada para mejora del proceso productivo de calzado ortopédico de la empresa LIWI Medical.

1.2. Antecedentes investigativos

Se presentó un caso de estudio dentro de una mediana industria mobiliaria en Brasil en la cual se implementó Manufactura ajustada (MA) para incrementar la productividad y crecer dentro de su mercado competitivo. Este caso se basó en un VSM (Mapa de Flujo de Valor) tomando en consideración las limitaciones presentadas por la industria sobre la operación más crítica, incrementando un 27% su productividad y reduciendo 33% de movimientos innecesarios, representando una reducción de costos importante la cual resulta en ahorros de aproximadamente \$2.784 anuales, exponiendo la importancia de lo bien que funciona la implementación de MA en medianas empresas [1].

En un estudio de implementación de MA en una industria de maquinaria agrícola evidencio la importancia de este sistema de producción, ya que con un VSM identificaron dos operaciones que no agregaban valor que correspondían a 8 segundos por caja siendo un promedio de 49,5 min al día, por lo tanto, ganando 18 horas más por mes. Asimismo, las variaciones por caja en mal estado disminuyeron del 8,07% al 3,56%. De esta manera dejando en evidencia que se desarrolló estabilidad y estandarización dentro del proceso, así como una mejora en el flujo continuo de materiales, y más velocidad y calidad al satisfacer las necesidades de la línea de ensamblaje [2].

En un estudio de factibilidad de MA dentro de una pymes fabricante de piezas metalmecánicas la cual se encuentra dentro de un mercado en potencial crecimiento debido a la creciente competencia, provocaron que mejoren sus parámetro de calidad y productividad, demostró mediante los resultados obtenidos que el uso y aplicación de MA es beneficioso al mostrar un diagnóstico del estado actual en que se encuentra la empresa y proponer soluciones alternativas a los problemas principales identificados con la finalidad de optimizar el proceso de fabricación [3].

Asimismo, la aplicación de herramientas de MA como es el VSM para reducir el tiempo de espera en una compañía manufacturera revela los desperdicios notables así como los ocultos que afectaban la productividad, reduciendo los tiempos de espera de la compañía de 4.6 días a 3.3 días, esto significa que antes se podía hacer 1 o a lo mucho 2 partes por día, mediante la implementación de esta herramienta la compañía produce 5 partes por día, demostrando la importancia de la implementación de un mapa de flujo de valor [4].

En otro estudio acerca de la implementación de MA en una industria alimentaria en Perú, con problemas de devoluciones por calidad, demuestra la su satisfactoria implementación debido a que redujo costos en un 89.2%, obteniendo un incremento del flujo de caja en un 35,6% en comparación del año anterior. Esto permitió a la empresa establecer límites de control, para determinar sistemas de control, medidas y procedimientos correctores, que garantizan la calidad de los productos finales [5].

Según un estudio realizado sobre la influencia de la MA en la productividad en las medianas y grandes empresas del sector textil en el Distrito Metropolitano de Quito, concluyó que esta metodología tiene una relación directa con los pilares de la productividad como son la calidad, costos de producción y la competitividad. Además, asevera que la integración de esta herramienta es fundamental para empresas que deseen generar una ventaja competitiva [6].

Otro proyecto investigativo, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, desarrollado dentro de una planta de faenado de pollos en el cantón de Píllaro concluye mediante la implementación de herramientas de MA elevo los porcentajes de eficiencia reduciendo los trasportes y movimientos innecesarios mediante un análisis

VSM. Además, llevando a la producción a reducir sus costos a través de la aplicación de las 5s, demostrando los beneficios generados por esta valiosa herramienta [7].

De acuerdo con el proyecto investigativo, de la Universidad Central del Ecuador de la Carrera de Ingeniería en Diseño Industrial, realizado con el tema “Propuesta de implementación de la herramienta de manufactura esbelta Kanban en la línea de ensamblaje de baldes para la empresa ensambladora de vehículos Maresa” concluye que existe un gran impacto en la competitividad si se aplican herramienta de MA logrando detectar tiempos muertos, donde se genera el exceso de inventarios. Además, se evidencia un mejoramiento de la eficiencia, ahorros de costos de mano de obra y el incremento de la productividad cumpliendo los tiempos de entrega hacia el cliente [8].

Dentro de un estudio local en una empresa de confección de ropa deportiva Piscis en Ambato, concluyó que la aplicación de herramientas MA en dicha empresa contribuyo a identificar oportunidades de mejora logrando mejorar la producción mediante un mejor aprovechamiento de los recursos y cumplimiento de estándares de trabajo utilizando el balanceo de líneas, filosofía 5s y Kanban para la nivelación de producción [9].

La MA, según la Tesis de grado realizada en la Universidad Técnica del Ambato de la Facultad de Ingeniería Industrial en Sistemas, Electrónica e Industrial, ha permitido a la empresa CLAZAFER, industria manufacturera de cuero, mejorar la producción de calzado, evitando los desperdicios ocasionados por recursos y la falta de organización. Además, la implementación de Lean Manufacturing (LM) en esta tesis demuestra el mejoramiento de los procesos productivos mediante la gestión y aplicación adecuada de las actividades logrando incrementar la calidad y capacidad de producción logrando cumplir con las demandas del cliente [10].

De acuerdo con el tema planteado en el presente proyecto investigativo se encontró un estudio similar, dentro de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial realizado con el tema “Mejoramiento del proceso de producción de quesos en la empresa lácteos “La Esencia” mediante herramientas de manufactura esbelta” donde concluye que la aplicación de las herramientas de LM han contribuido a la empresa a aumentar la capacidad un 17% reduciendo los tiempos inactivos así como haciendo el uso adecuado de los recursos

disponibles. Además, esto supone una ventaja competitiva para afrontar al competente mercado logrando mejorar la calidad y costo hacia los clientes [11].

La aplicación del sistema LM brinda, sin duda, una gran oportunidad para optimizar el rendimiento de las operaciones de la empresa. La aplicación puede servir sin duda al crecimiento de la competitividad [12]. Esta filosofía permitirá a la empresa ser más flexible y responder más eficientemente a los cambios del mercado [13]. Actualmente, así como países desarrollados y países que están en vías de desarrollo están interesados en implantar el sistema LM con el fin de conseguir los beneficios indicados anteriormente, por lo que se han implementado en una amplia gama de fábricas de todo el mundo [14]. Por ello, no cabe duda de que su aplicación en la empresa LIWI Medical podría alcanzar beneficios similares si se identifican y abordan las barreras y los retos de su aplicación.

1.2.1. Contextualización del problema

La creciente competitividad actual de las empresas gracias a los progresos tecnológicos, políticas comerciales, así como los patrones de consumo dentro del sector manufacturero, se traducen en una constante mejora de los indicadores de producción creando una ventaja competitiva frente al mercado, por lo que hoy en día toda empresa está en la necesidad de implementar métodos que optimicen sus procesos brindando seguridad y buscando lograr la efectividad [15]. Debido a esto, el sector manufacturero ha implementado herramientas de ingeniería dentro del área más importante de toda empresa, siendo esta el área de producción, debido a que es la que genera más costos, logrando obtener una mejor rentabilidad siendo esto lo más significativo dentro de la empresa desde su creación [16].

La MA es la filosofía considerada como una de las más exitosas dentro de diversos campos, esta ha evolucionado desde los años 70 direccionándose hacia el mejoramiento continuo de los procesos productivos a través de la identificación, eliminación de desperdicios o excesos y actividades que no agreguen valor a la cadena de suministro [17], incrementando calidad en los productos, además enfocándose en el bienestar del trabajador, así creando empresas más efectivas, innovadoras y eficientes [11]. La MA busca continuamente la reducción en su mínima expresión del

despilfarro mediante nuevas maneras de realizar actividades de forma ágil, flexible y económica [2].

América Latina es generalmente reconocida como el destino ideal para las exportaciones de calzado, debido a que incluye países con capacidad para crear este producto. World Footwear afirma que desde hace 19 años varios países sudamericanos entre estos Ecuador vienen participando en el foro de Cámaras de calzado de América Latina, con la esperanza de optimizar el crecimiento productivo del sector.

En los últimos años el sector de calzado en Ecuador ha crecido considerablemente debido a que en el año 2009 los productores aumentaron de 600 a 5.000 en el país con una producción de alrededor de los 34 millones de pares de zapatos al año [18], caracterizándolo por tener una producción manufacturera muy activa; y según la Cámara de calzado de Ecuador la mitad de esta producción se agrupa en la provincia de Tungurahua. Sin embargo, a la mayoría de estos establecimientos manufactureros dedicados al calzado no están orientados a mejorar su productividad y no se enfrentan a limitaciones competitivas, pudiendo ser de carácter socioeconómicas o productivas como consecuencia a la falta de trabajo con encadenamientos productivos y de valor [19].

LIWI Medical es una empresa establecida en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua con experiencia en la elaboración de calzado para la salud, que a través de los años ha progresado y conseguido un peso dentro del mercado expandiéndose dentro de este, exigiéndola a optimizar sus procesos productivos e implementar nuevos sistemas de producción eficientes para lograr cumplir con la demanda y mejorar sus productos.

Sin embargo, aunque LIWI Medical presenta una buena rentabilidad, no cuenta con un control total sobre su cadena de valor desaprovechando al máximo la capacidad que posee; y por lo tanto, presenta factores negativos que influyen directamente en área de producción entre los cuales se observan y destacan las actividades que no agregan valor al producto final, dichas actividades no poseen un control y gestión adecuados de los desperdicios considerados en la MA, consecuentemente convirtiendo a las actividades y procesos en “lentas” debido a trasportes, movimientos y actividades innecesarias, lo que conlleva a resultados negativos para la empresa, a manera de

demoras en los pedidos, productos sin calidad, altos costos de producción por el uso no eficiente de los recursos, llegando a provocar una insatisfacción al cliente, en conjunto creando una mala imagen de la empresa dentro del mercado.

1.2.2. Fundamentación teórica

1.2.2.1. Procesos productivos o de producción

➤ Procesos

Se define un proceso como una agrupación de actividades interrelacionadas, no independientes entre sí, repetitivas y sistemáticas mediante las cuales, las entradas se convierten o transforman en salidas o resultados después de agregarles un valor, como se muestra en la Figura 1. [20].

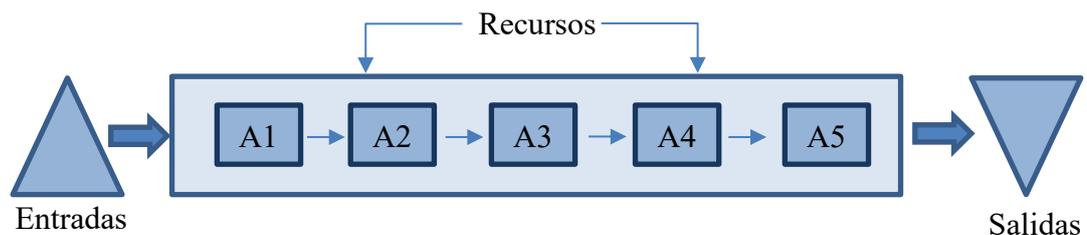


Figura 1. Representación esquemática de un proceso

Aguilera define al proceso como el conjunto de acciones, decisiones y tareas que se enlazan de forma sistemática para conseguir un resultado ya sea producto o servicio que logren satisfacer los requerimientos del cliente [21]. Un proceso también se lo puede definir como el conjunto de actividades de trabajo relacionadas que se caracterizan por demandar insumos como son: productos o servicios obtenidos de otros proveedores y tareas particulares que implican valor añadido, con miras a obtener ciertos resultados [22].

➤ Elementos de un proceso

Los elementos que constituyen un proceso se muestran en la Figura 2.:

- **Entrada:** originarios de los proveedores del proceso, consisten además en información procedente de un suministrador, sin estos no es posible llevar el proceso.

- **Recursos:** son elementos usados para el desarrollo de las actividades del proceso, aunque no se convierten o transforman durante el mismo.
- **Salidas:** Son los productos o servicios creados por el proceso, los cuales están definidos por requerimientos y expectativas por el destinatario.
- **Sistema de control:** establecido por indicadores y medidas del rendimiento del proceso para medir la satisfacción de los clientes.
- **Alcance:** Delimitan el inicio y el final del proceso, comenzando por la necesidad del cliente y termina con la satisfacción de este [23].



Figura 2. Elementos de un proceso

➤ **Procesos productivos**

Se denomina al conjunto de actividades mediante las cuales uno o varios factores productivos se convierten en bienes o servicios. Todos los procesos están compuestos por tareas (auxiliares, apoyo y estratégicas), flujos (estáticos, funcionales y secuenciales) y almacenamientos [24]. Cartier define a los procesos productivos como un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas orientado a la transformación de elementos de entrada, denominados factores, en ciertos elementos de salida, denominados productos, con la principal finalidad de aumentar su valor [25].

Los elementos básicos del proceso productivo son: - Factores o recursos: toda clase de bienes o servicios económicos empleados con fines productivos; - Acciones: donde se combinan los factores dentro de determinados modelos operativos; - Los resultados o productos: siendo todo bien o servicio obtenido de un proceso productivo [26].

1.2.2.2. Mejoramiento de los procesos productivos

En virtud de que se definió que un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades que usen un recurso o insumo para agregar valor y suministrarlo a un cliente, de esta manera dichas actividades necesitan realizarse de manera coordinada y sincronizadamente con el propósito de satisfacer al cliente final, por lo tanto, el mejoramiento de procesos dentro de una empresa representa una metodología de solución a los posibles problemas que se deben corregir de tal modo que no se dejen al azar o la improvisación, constituyéndose una herramienta importante a través de la simplificación de tareas para obtener procesos eficaces [27]. En otras palabras, el objetivo principal del mejoramiento de procesos de una empresa consiste en garantizar que los procesos, no existan errores, minimizar demoras, usar al máximo los recursos, suministrando ventajas a la empresa.

Por lo tanto, una de las mayores preocupaciones de cualquier empresa manufacturera es como lograr este desarrollo de procesos de mejoramiento continuo. Existen varias herramientas, principios y técnicas para el mejoramiento de procesos productivos, cada uno aplicado para cada tipo de problemática que la empresa enfrente a la vez con miras a mejoras [28].

La MA es la aplicación sistemática y habitual para emplear diferentes tácticas para el mejoramiento de procesos productivos, entre los principales tenemos: Las 5s usada para mejorar condiciones de trabajo, Sistemas SMED (Cambio rápido de herramientas por sus siglas en inglés) empleado para reducir tiempos de cambio, Sistemas Poka Yoke empleado para disminuir errores, Grupos Kaizen la cual busca el mejoramiento permanente, 6sigma para obtener tasas mínimas de defectos, Sistemas TPM que consiste en reducir el tiempo de paro de máquinas, el desarrollo de células de manufactura para crear nuevos flujos de producción con mayor claridad, el análisis VSM para detectar desperdicios del proceso, entre otros [29].

1.2.2.3. Cadena de valor

Se trata de una herramienta de gestión que permite identificar las actividades con cierta importancia estratégica al momento de obtener alguna ventaja competitiva optimizando el proceso productivo, comenzando desde que se inicia con la materia

prima hasta llegar a la distribución del producto final. Una cadena de valor genérica está constituida por tres elementos: actividades primarias, de apoyo, y el margen [30].

Cadena de valor de McKinsey: este modelo usa las funciones internas de la empresa y la visión global del sector.

Cadena de valor de Porter: este modelo empieza con la identificación del liderazgo en costes y diferenciación. Porter se atribuye a la introducción del análisis del costo estratégico, que presenta la comparación de la forma en la que los costos por unidad de una empresa se pueden comparar con los costos por unidad de los competidores, actividad por actividad, identificando de esta forma cuales son las actividades clave con el origen de una ventaja o desventaja de costo [31].

La cadena de valor muestra el valor total, y consiste en las actividades de valor y del margen. Siendo el margen la diferencia entre el valor total y el costo por desarrollar las actividades de valor; por otro lado, las actividades de valor se dividen en primarias y de apoyo, refiriéndose a primarias como las actividades que implican la creación física del producto su venta y transferencia al comprador, y las actividades de apoyo como las que sustentan a las primarias como son los insumos, tecnología y recursos humanos [32].

1.2.2.4. Mapa de procesos

Es una representación gráfica de los procesos, es decir, un esquema gráfico, el cual presenta los distintos procesos que la organización usa para desempeñar sus funciones además de una visión general de la gestión de la empresa. Para lograr esto se analizan todas las actividades identificadas y se las clasifican por su finalidad siendo: de soporte, operativos y estratégicos; como se muestran en la Figura 3 [23].

También se define como una técnica o herramienta que se utiliza para “mapear” los procesos, para así descubrir el flujo de valores que están en ellos ya sean valores agregados como no; a través de estos mapas se puede manifestar lo que no agrega valor y posteriormente se elabora un mapa únicamente con valor agregado [33].

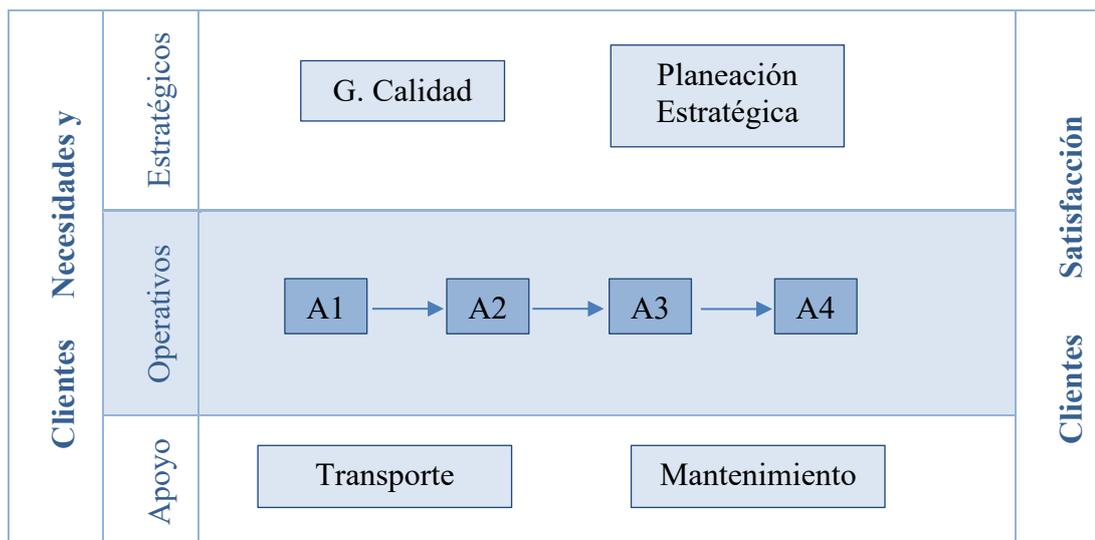


Figura 3. Mapa de Procesos general

1.2.2.5. Estudio de métodos

Busca la simplificación del trabajo efectuado, mediante formas y diagramas diseñados para recorrer gráficamente el problema y lograr un mejor análisis del estado actual. Se enfoca al mejoramiento de procesos y procedimientos, del diseño del taller, a optimizar la mano de obra y uso de insumos reduciendo costos y esfuerzo humano, en otras palabras, logrando hacer más sencillo, rápido y seguro el trabajo [34].

1.2.2.6. Estudio de tiempos y movimientos

Es un procedimiento sistemático con el cual se determina el tiempo real para elaborar un producto o servicio eliminando movimientos innecesarios, con la finalidad de completar un trabajo de la forma más fácil y productiva, optimizando los movimientos y tiempos determinados para el trabajo [35].

El estudio de movimientos se define como como el análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo humano al ejecutar un trabajo con el propósito de reducir los ineficientes y redundantes, facilitar y mejorar a los eficientes, con la finalidad de aumentar el índice de producción.

Entre los movimientos fundamentales denominados por Gilbreth se encuentran: buscar, seleccionar, tomar, alcanzar, mover, sostener, soltar, colocar y recolocar en posición, inspeccionar, ensamblar, desensamblar, usar, demora inevitable y evitable, planear y descansar [35]. Según Haynard el estudio de tiempos se define como la

técnica para establecer con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido [36].

➤ **Estándar de tiempo**

Se define como: “el tiempo que se requiere para fabricar un servicio o producto dentro de una estación de trabajo, bajo tres condiciones: (1) un trabajador capacitado y calificado, (2) que dicho trabajador labore a un ritmo normal, y por último (3) que realice una sola tarea específica”. Si algo llegara a variar dentro de estas condiciones, el estándar de tiempo varía [37]. Originalmente formulado por Frederick W. Taylor en el año 1881, siendo unos de los métodos de tiempo más usados [38].

Además, es uno de los elementos de información de gran importancia debido a que permite determinar lo que requiere la empresa como son: el número de máquinas herramientas, la cantidad de personal de producción, el costo de manufactura, el balanceo de líneas de ensamble, el rendimiento de trabajadores, entre otros [37].

• **Estudio de tiempos con cronometro**

Es una técnica de medición de trabajo que permite registrar los tiempos y ritmo de trabajo de una tarea efectuada en condiciones determinadas, para posteriormente analizarlos con la finalidad de determinar el tiempo necesario para llevar a cabo esta tarea.

• **Valoración del tiempo de trabajo**

El objetivo de este estudio es determinar el tiempo estándar para establecer un cierto volumen de trabajo a cada operador en su puesto de trabajo, así como determinar el costo estándar. La técnica de calificación de actuación como se muestra en la Tabla 1. se establece sobre un operador competente y con una vasta experiencia que desempeña en condiciones normales en su puesto de trabajo determinando equitativamente el tiempo requerido para ejecutar una tarea establecida.

Tabla 1. Calificación de la actuación sistema Westinghouse [34]

HABILIDAD		ESFUERZO		
A	+0.15	A	+0.15	Habilidad: Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador
B	+0.10	B	+0.10	
C	+0.05	C	+0.05	
D	0.00	D	0.00	Esfuerzo: Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
E	-0.05	E	-0.05	
F	-0.10	F	-0.10	
G	-0.15	G	-0.15	Condiciones: Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario.
CONDICIONES		CONSISTENCIA		
A	+0.05	A	+0.05	Consistencia: son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten de forma constante o inconstante [34].
B	0.00	B	0.00	
C	-0.05	C	-0.05	

- **Tiempo normal**

Es el tiempo necesario para terminar una actividad bajo condiciones normales, aplicando la ecuación (1) [39].

$$T_N = T_P \times (1 + F_D) \quad (1)$$

Donde:

T_N = Tiempo normal; T_P = Tiempo promedio; F_D = Factor de desempeño, este factor de desempeño es mostrado en la Tabla 1.

- **Tolerancias (suplementos)**

Un estudio de tiempos llevado con lecturas con cronometro es tomado dentro de un periodo relativamente corto, debido a esto, el cálculo del tiempo normal no encierra las demoras inevitables durante la jornada laboral siendo ya por las necesidades personales fatiga entre otros como se muestra en la Figura 3., además es necesaria la adicción al tiempo normal para establecer un justo tiempo estándar dentro del cual el obrero se desempeña, como se muestra en la tabla 2 [40].

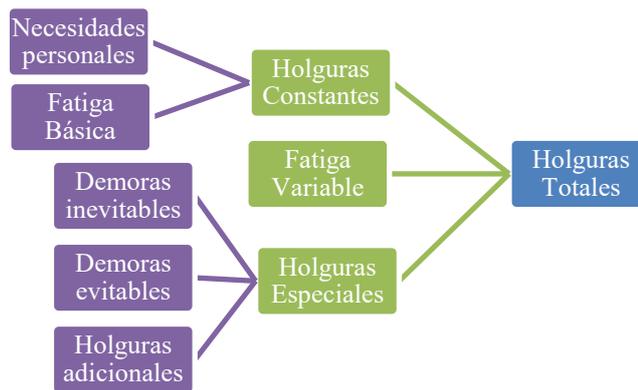


Figura 4. Tipos de holguras

Estos factores se los encuentran en la tabla diseñada por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Sistema de suplementos por descanso Tiempos Básicos [41]

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES					
Suplemento por Necesidades Personales		H	M		
Suplemento Base por Fatiga		5	7		
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
	H	M		H	M
S. por trabajar de pie	2	4	Concentración intensa		
S. por postura anormal			Trabajos de cierta precisión	0	
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2	
Incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Ruido		
Uso de fuerza/energía muscular			Continuo	0	
Peso levantado [kg]			Intermitente y fuerte	2	
2.5	0	1	Intermitente y muy fuerte	5	
5	1	2	Estridente y fuerte	7	
10	3	4	Tensión mental		
25	13	20	Proceso bastante complejo	1	
35.5	22		Proceso complejo	4	
Mala iluminación			Muy complejo	8	
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Monotonía		
Bastante por debajo	2	2	Trabajo algo monótono	0	
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo bastante monótono	1	
Condiciones atmosféricas			Trabajo muy monótono	4	
Índice de enfriamiento Kata			Tedio		
16	0		Trabajo algo aburrido	0	0
8	10		Trabajo bastante aburrido	2	1
4	45		Trabajo muy aburrido	5	2
2	100				

- **Tiempo estándar**

Se define como el estándar, la adición de los tiempos elementales requeridos para un trabajador calificado, laborando a un ritmo normal, haciendo un esfuerzo promedio, proporcionado en minutos por pieza [40]. Se calcula mediante la Ecuación (2). Los suplementos y holguras son mostrados en la Tabla 2

$$T_s = T_N (1 + S) \quad (2)$$

Donde:

T_s = Tiempo estándar

T_N = Tiempo normal

S = Suplementos y Holguras

La capacidad de producción es la máxima velocidad de producción de una operación y se calcula usando la siguiente Ecuación (3).

$$C_p = 1/T_s \quad (3)$$

- **Número de observaciones**

Se define el tamaño de la muestra como el número de observación necesarias para lograr una confianza y exactitud garantizando el estudio de tiempos. Varios autores exponen varios procedimientos como son: Criterio de General Electric, Tabla de Westinghouse, Método estadístico de la OIT. El tamaño de la muestra en el estudio de tiempos por cronometraje es relevante para la confianza de este estudio [37].

1.2.2.7. Manufactura ajustada

Toyota describe a la MA como un conjunto integral de procesos, técnicas y procedimientos que mejoran los beneficios de una organización al eliminar los desperdicios, reducir los costes y mejorar la calidad [42]. En la industria manufacturera japonesa, esta técnica es muy bien conocida y ampliamente adoptada. De hecho, algunas organizaciones utilizan el enfoque de MA para ahorrar dinero mediante la disminución de los desperdicios. Por lo tanto, las dos partes fundamentales de este concepto son la eliminación de los desperdicios y el desarrollo constante [43].

MA guía a las empresas a convertirse más esbeltas y flexibles, así como más receptivos a la reducción de desperdicios [44]. Es por esto por lo que es visto como una alternativa al modelo tradicional de manufactura. Y puede ser usado dentro una gama amplia de fábricas sus operaciones que podrían influir y ser de ayuda de sus estrategias [45]. Teniendo varias implementaciones de esta técnica, pero todas con un mismo objetivo, eliminar desperdicios y actividades que no agreguen valor, por lo que su implementación genera valor a las actividades a partir de la materia prima hasta los productos o servicios terminados [46].

La creación de la filosofía MA la cual propone generar más benéficos a base de menos recurso, estableció una nueva fase en los sistemas productivos, diferentes al sector original y más desarrollado siendo este el automóvil, teniendo una gran variedad de aplicaciones, siendo usada como principal herramienta de identificación de oportunidades de mejora el VSM [47].

Por otra parte, denominado así mismo Sistema de Producción Toyota (SPT), es una herramienta diseñada con el objetivo de eliminar o reducir el desperdicio en cada etapa del proceso de producción. Su objetivo inicial fue mejora de productividad, eficiencia y la reducción de costos a través de la aplicación de la línea de ensamblado de Ford (el cual funciono en tiempos de alto crecimiento) y el sistema de administración de Taylor [40].

La MA son la aglomeración de varias herramientas que permiten identificar y reducir o eliminar los denominados desperdicios o muda (en japonés), siendo estos dos los elementos básicos de este concepto; con la finalidad de optimizar la calidad, costos de producción y reducir el tiempo de fabricación [48].

Con el objetivo de mejorar aún más los niveles manufactura industrial, la MA se enfoca en la eliminación de siete tipos de desperdicios, los cuales no añaden valor y deben evitarse durante el proceso productivo lean, estos son: sobreproducción, esperas, transportes innecesarios, sobre procesamiento, inventarios, movimientos innecesarios, productos defectuosos [49].

Actualmente gracias a las operaciones digitales dentro del contexto a la industria 4.0 se han generado tres nuevos desperdicios como son: la no utilización de

talento/creatividad de trabajadores, mala administración de la información y una mala calidad de proveedores [50], [51]. Por lo que MA dispone de múltiples “herramientas” que ayudan a la gestión y visualización de procesos y actividades, entre estos: Mapa del flujo de valor VSM (Herramienta de diagnóstico), 5s, SMED, Mantenimiento productivo total TPM, Kanban (Herramientas operativas), Poka-yoke, Justo a tiempo JIT, Procesos estandarizados, Mejora continua Kaizen, entre otros [49].

➤ **Las tres M's**

MA se fundamenta en el Sistema de Producción Toyota el mismo que persigue identificar y reducir o eliminar las 3Ms dentro del proceso que se desea optimizar [52].

Muda (Desperdicio). Toda actividad que no da algún valor al producto y además consume los recursos. Un ejemplo es el transporte o espera de materiales [48].

Mura (Irregularidad). Es la desigualdad o desequilibrio en la producción, esta son las producciones que no fueron demandadas provocando irregularidades de volúmenes de producción y por lo tanto conllevando a un mal control y planificación [48].

Muri (Exceso). O bien situaciones que llevan a sobrecargar a los operadores o máquinas exigiéndolos a que sobrepasen los límites normales permitidos, conllevando a la inminente reducción de la calidad del producto final [48].

➤ **Herramienta de diagnóstico**

• **Mapa de flujo de valor**

Clasificada dentro de las herramientas de diagnóstico, permite entender y analizar de manera visual mediante diagramas el flujo/cadena de valor de todo el proceso de producción, e identificar los puntos donde se agrega valor, así como los puntos donde no se agrega valor. Además, esta herramienta muestra los flujos de información y materiales del proceso, la demanda del cliente, y la relación entre la cadena de valor y los proveedores [38]. El VSM se enfoca en identificar tres tipos de actividades en el flujo de valor: 1 - las que no añaden valor, 2 - las necesarias, pero no añaden valor y 3- las q añaden valor [53]. Al ser una herramienta gráfica fundamental es de gran ayuda para lograr tener una visión global de la cadena de valor de inicio a fin, donde

se observa en la parte superior el flujo de información, en medio el flujo del proceso y en la parte inferior el tiempo que conllevan estos procesos diferenciando los tiempos que agregan valor y los que no. El VSM brinda a través de un lenguaje simplificado las secuencias de procesos, flujo de materiales e información de la empresa, suplidores y clientes de todo el proceso de la organización en una representación gráfica en una sola hoja, como se muestra en la Figura 4, 5, 6, 7 y 8.

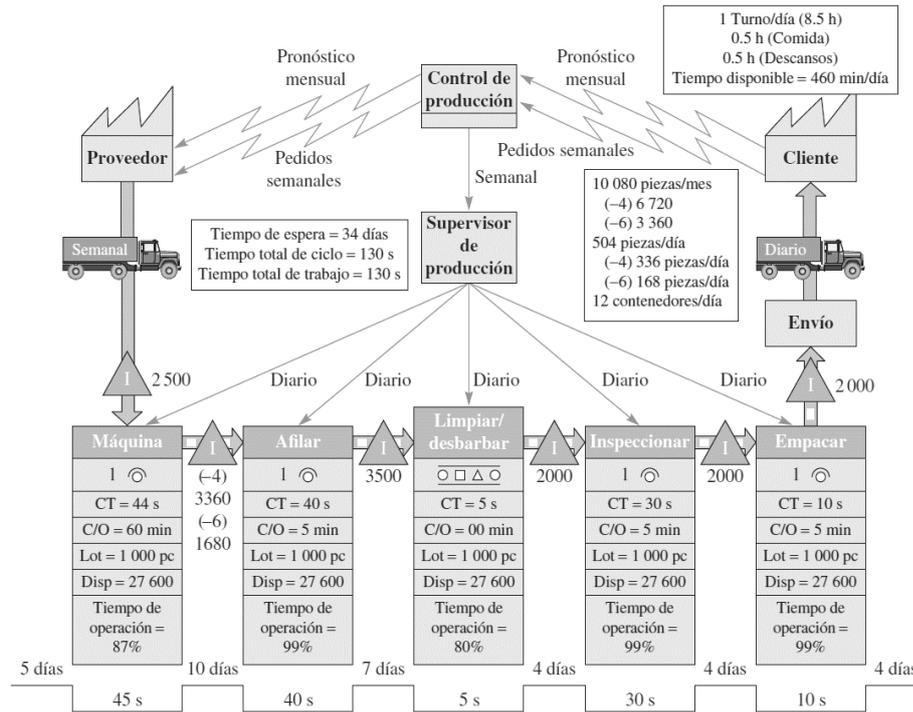


Figura 5. Mapa de flujo de valor [39]

El Takt es el tiempo o ritmo con el que el consumidor compra el producto, y se lo calcula como se muestra en la Ecuación (4).

$$takt\ time = \frac{tiempo\ disponible\ por\ periodo}{demanda\ por\ periodo\ del\ cliente} \quad (4)$$

- Símbolos para la elaboración de un VSM

Símbolos de proceso [39]				
Cliente/proveedor	Proceso	Caja de datos	Celda de trabajo	Operador

Figura 6. Símbolo de procesos

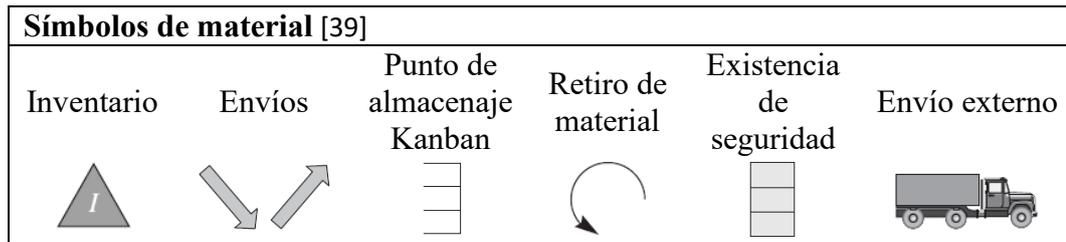


Figura 7. Símbolos de material

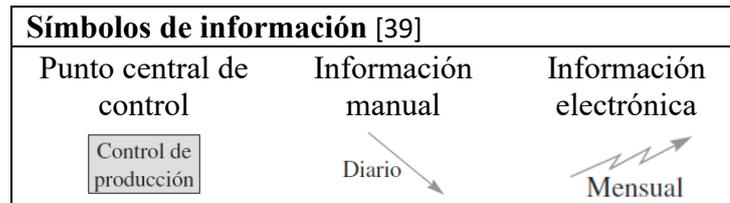


Figura 8. Símbolos de información

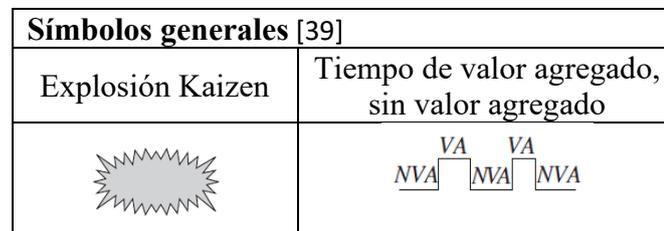


Figura 9. Símbolos generales

Procedimiento para la implementación de un VSM:

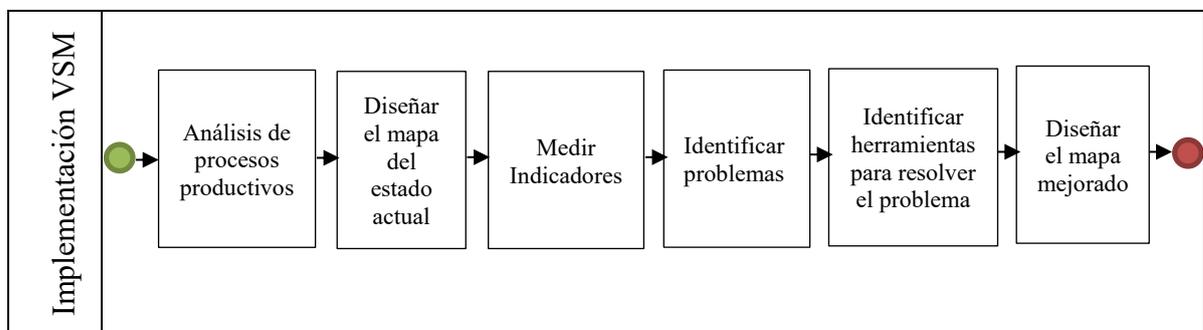


Figura 10. Implementación VSM

➤ **Herramientas operativas**

- Las 5'S.

Una de las herramientas operativas de MA, es una metodología ligada a la orientación hacia la mejora de calidad y condiciones de trabajo que se originó en Japón por Deming. En si se dirige hacia la creación y mantenimiento de puestos de trabajo para: optimizar la seguridad, calidad, disminuir tiempos de reparación por averías y retrasos, disminuir el tiempo de ciclo, en otras palabras, dar “calidad de vida” al trabajo incrementando los niveles de productividad y eficiencia [54].

Es conocido con el nombre de 5's por su terminología japonesa las cuales son:

Seiri (Separar/Despejar). – Se empieza con esta S, la cual radica en identificar dentro del área de trabajo cualquier elemento innecesario para realizar la tarea y separarlo o desecharlo [54].

Seiton (Orden). – Posterior a lo anterior, se aplica el orden, de esta forma los elementos necesarios se encuentren más fácilmente y sean accesibles al uso. Se aplica reglas básicas como: lo que se frecuenta a usar aún más cerca, lo más pesado abajo y lo más liviano arriba, etc. [54].

Seiso (Limpieza y Mantenimiento). – Limpiar equipo y puestos de trabajo, además de establecer programas de limpieza para evitar la suciedad, creando ambientes seguros y evitando futuras averías en máquinas [54].

Seiketsu (Estandarizar/Normalizar). – Este paso pretende implementar una cultura del orden y limpieza de forma estandarizada, desarrollando medidas que especifiquen el que, como y cuando cada trabajador debe hacer en su área de trabajo, de esta forma lograr la aplicación constante y continua de las anteriores 3's [54].

Shitsuke (Sistematizar/Disciplina). – Por último, este paso consiste en evitar que se olviden y descontinúen los procesos previamente concretados, requiriendo la autodisciplina de cada uno de los implicados [54].

- **Jidoka**

Técnica surgida por Toyota quien desarrollo una maquina textil capaz de para la producción automáticamente cuando se rompía un hilo. A pesar de que la autonomía se relaciona con la automatización, no es restringido a solo máquinas; el termino japonés tiene un significado de “humanizar la interfaz entre máquina y operario”. Este concepto surgió del intento aumentar la eficiencia de producción mediante un operario que sea capaz de simultáneamente trabajar en más de una máquina [55].

Por lo tanto, el objetivo es interrumpir o parar el proceso productivo el momento que se presente una falla o anomalía, identificando el origen de los problemas y repercutiendo directamente en las causas del problema, reduciendo a cero los defectos

y así promover la calidad del sistema de producción. En otras palabras, se pretende: identificar las fallas o defectos, parar la producción, corregir rápidamente defectos y finalmente identificar las causas del fallo o defecto [55].

- **Poka-Yoke**

Consiste en un proceso de prevención de irregularidades provenientes del error o fallo del trabajador, ya sea la falta de atención, conocimientos o visuales. El termino japonés significa “a prueba de errores”, esta técnica emplea mecanismos que ayudan y facilitan la visualización o memorización de posición de piezas desmontables, despejando la mente del trabajador enfocándose a operaciones importantes y reduciendo defectos. Este mecanismo al introducirlos en procesos productivos, reducen la aparición de errores; utiliza tres funciones fundamentales contra errores: paro, control y aviso [55].

- **Kanban**

Se basa en que un “cliente” de una pieza extrae la pieza del “proveedor” de esa pieza, donde el cliente (externo) puede ser el consumidor final del producto terminado, así como el trabajador de producción (interno). El termino se traduce como “registro visible” o “tarjeta o placa” utilizado para gestionar la secuencia de los procesos de forma visible. La premisa es que el material no se moverá o producirá hasta que un cliente ya sea interno o externo, envíe un aviso o señal para hacerlo, actuando como un dispositivo/herramienta de comunicación, eliminando gran parte del papeleo.

El principal objetivo que busca es identificar la necesidad de abastecimiento y “jalar” los elementos o materiales a la siguiente línea/estación de trabajo, asegurándose que se trabajen a tiempo. Un ejemplo común es cuando un contenedor tiene adjunto instrucciones para llenar este, como la cantidad de elementos, descripción, el cliente, proveedor y el número de trabajo [56].

- **Teoría de restricciones**

Filosofía de gestión enfocada en el o los anillos más débiles de la cadena de producción que son los cuellos de botella, para mejorar el rendimiento de los sistemas. Se basa en la idea donde todo sistema tiene al menos un cuello de botella, el cual se puede definir

como cualquier tipo de situación que impide que el sistema alcance el rendimiento máximo [57].

El proceso de implementación consta de: identificar la restricción del sistema, decidir cómo aprovechar la restricción, posponer todo lo demás a la decisión anterior, elevar la restricción del sistema y por último si alguno de los pasos anteriores vuelve rompen las restricciones, empezar desde el paso uno. La teoría de restricciones (TOC) se enfoca en la mejora continua del sistema a estudiar, esta se puede implementar en casi todo tipo de sectores y empresas, logrando cumplir metas de utilidades [58].

- **Trabajo estandarizado**

El trabajo estandarizado y transferencia de conocimientos pueden reducir la variabilidad en los procesos, por ende, reduciendo la probabilidad de errores y fallos que conllevan a incremento de costos y desviaciones en cronogramas planificados. La estandarización de los métodos de trabajo mejora el flujo de trabajo, facilita una base para aprender de los errores ocurridos y en base a estos experimentar con alternativas [59].

Al ser un producto de los Métodos de trabajo, permite analizar un proceso paso a paso; los estándares son descripciones literales y gráficas comprensibles que transmiten información fiable y exacta con el fin de realizar productos de forma segura y con calidad. Con esta herramienta se logra establecer tareas repetitivas, agilizar la gestión de asignaciones, establecer una base para la mejora, no dar paso a malos hábitos fuera de los procesos [59].

- **SMED**

Se define como una metodología de Lean que permite realizar operaciones de configuración y cambio de equipo en menos de diez minutos. La configuración, cambios de equipo, calibración o preparación, representan un proceso necesario para transitar de un producto a otro diferente, esta herramienta apoya en la reducción de estos tiempos. Las operaciones de configuración se clasifican en dos tipos: las internas, que solo se pueden hacer con la maquina parada, y las externas, las que se pueden hacer con la máquina en marcha [60]. Consta de cuatro etapas:

Etapa preliminar – Entender las operaciones internas y externas

Etapa 1 – Separar la operación interna y externa

Etapa 2 – Convertir las operaciones internas en externas

Etapa 3 – Optimizar las operaciones internas y externas

La reducción del tiempo de configuración/preparación genera beneficios como es la reducción de inventarios, trabajo en proceso, tamaños y movimientos de lotes, así como los incrementos de calidad y flexibilidad de la producción [60].

1.2.2.8. Recurso restringido por la capacidad

Se define al recurso con una utilización cercana a la capacidad total, además son recursos los cuales podrían llegar a ser nuevos cuellos de botellas eventualmente si no son controlados a tiempo. Se conoce como un cuello de botella cuando en la cadena de producción se presenta un proceso más lento que los demás y limita a la producción total. Por lo que es valioso identificar aquellos impedimentos. Para calcular el índice de utilización de todos los procesos en la línea productiva se utiliza la siguiente Ecuación (5)

$$IU\% = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor nivel de operación}} \quad (5)$$

Donde IU = Índice de utilización

1.2.2.9. Simulación de procesos

La simulación de procesos hace factible la disposición de instalaciones industriales, la distribución de células de trabajo, la logística física, logra obtener un mayor control del proceso, además de mejorar la toma de decisiones, mejorar el suministro de la cadena de suministro; esto ya que se puede identificar claramente los puntos críticos de control, como cuellos de botellas del proceso y optimizar a través de la reducción del tiempo, y lograr establecer la óptima opción para poner un funcionamiento las mejoras, analizándolo antes de comenzar el proceso de realización [61].

➤ **Software de simulación**

La simulación se define como una técnica que nos permite imitar en un sistema informático el comportamiento de un sistema físico o teórico según ciertas condiciones particulares de operación [62]. En otras palabras, simular es imitar la conducta de un proceso o sistema del mundo real a través del tiempo.

Existen varios softwares de simulación, los cuales constan de técnicas informáticas que permiten crear modelos dinámicos, para luego analizar el comportamiento de ese modelo en diferentes circunstancias, analizando los posibles cambios y sus consecuencias, así comprobando suposiciones previamente a la implementación real [63].

➤ **Cuadro comparativo de los principales softwares de simulación**

Tabla 3. Comparación de softwares de simulación

Software	Descripción
 Simio	Permite colocar riesgos en la planificación de la producción con su programación y planificación únicas basadas en riesgos [61].
 Arena [®]	Permite evaluar las implicaciones de las decisiones comerciales antes de ponerlas en práctica [61].
 ProModel	Posee animación y optimización para modelos de simulación y optimizarlos. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura [61].
 FlexSim	Sirve para la simulación de eventos discretos, permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial [61].

➤ **Simulador FlexSim**

Es un programa de simulación de eventos discretos aplicado principalmente en sectores de manufactura, ensamblaje de procesos industriales, desarrollándose en un entorno 3D. El programa permite optimizar procesos simulados mediante el modelado, análisis previos y llevarlos al mundo real, reduciendo costos frente a la implementación de nuevos procesos [64]. Frente a la gran competencia del mercado industrial es vital tener procesos eficientes los cuales generen productos de alta calidad en el menor tiempo posible y para lograr este objetivo una de las alternativas para lograrlo es mediante la simulación, que es un sistema de flujo de entidades, procesos, transportes y colas de espera [65].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejora del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medical aplicando herramientas de Manufactura Ajustada y Software de Simulación.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medical.
- Plantear una solución para la mejora del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medical aplicando herramientas de Manufactura Ajustada previamente determinadas.
- Simular los procesos productivos actuales y la solución propuesta para la mejora del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medical, mediante un Software de Simulación.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Tabla 4 Materiales

Material	Figura	Descripción
Ordenador		Material físico usado para la elaboración del proyecto investigativo
Cámara		Cámara celular usado como medio para documentar mediante imágenes y video toda la información visual
Cronometro		Instrumento usado para la toma de tiempos de toda actividad relacionada
Hojas de registro		Material usado para el registro de datos e información de la empresa
Microsoft Word		Software usado para redactar y analizar información recopilada

Tabla 4 Materiales (continuación)

Material	Figura	Descripción
Microsoft Excel		Software usado para la tabulación de datos obtenidos
Microsoft Visio		Software usado para el dibujo de del VSM
AutoCAD		Software usado para el dibujo de planos, máquinas y herramientas de la empresa
FlexSim		Software usado para la simulación de eventos, y modelado de procesos industriales

2.2.Métodos

2.2.1. Modalidad de investigación

En la investigación se utilizaron las siguientes modalidades de investigación:

- **Investigación bibliográfica documental**

El presente proyecto investigativo está basado bajo esta técnica la cual tiene como objetivo obtener información confiable, relevante y valida a través de documentos científicos, revistas científicas, libros, publicaciones, tesis, criterios de múltiples autores para analizar, describir, comparar, explicar, etc. un tema mediante un análisis de fuentes de información y de documentación empresarial, que logra ahondar en varias orientaciones y se puntos de referencia sobre el mejoramiento de los procesos de calzado mediante un sistema Lean y sus técnicas y herramientas, que sirven como guía para la elaboración del proyecto.

- **Investigación de campo**

Mediante esta investigación se compila y registra en forma sistemática la mayor información posible y necesaria mediante un proceso de recolección de datos y observación directa con los hechos en el área productiva de fabricación de calzado en la empresa LIWI Medical, es decir, en donde se crea el problema, mediante la aplicación de técnicas y procedimientos como son fotografías, fichas de descripción, cursogramas, gráficos, tablas, diagramas, lo que permite un buen manejo y análisis de datos que ayuden a llegar a cumplir con los objetivos propuestos.

- **Nivel de estudio**

Se aplica un nivel de estudio descriptivo ya que implica la observación sistemática del proceso de producción enfocado en los procesos y la productividad.

- **Enfoque de la investigación**

Se establece como análisis cualitativo y cuantitativo ya que se recopilan datos cuantitativos del proceso como son flujos de material y tiempos, así mismo como se recopilan características cualitativas del proceso para representar dentro de un escenario simulado que represente la realidad.

2.3. Población y muestra

La investigación se desarrolla dentro de las instalaciones de LIWI Medical, la cual cuenta con un total de 30 trabajadores. Siendo el total de la población 30, no es necesario calcular una muestra que sea representativa, el total de la población dentro del área operativa se considera para la investigación [66].

2.4. Recolección de información

Para recopilar la información necesaria que demanda este proyecto de investigación se utilizan herramientas de recolección de datos como:

- **Entrevistas.** Realizadas al gerente y personal administrativo de producción de la empresa para recolectar información sobre las problemáticas que enfrenta la empresa, así como la situación actual de la misma.

- **Observación directa.** Aplicada con la finalidad de comprobar la situación actual del proceso de fabricación de calzado y corroborar situaciones relacionadas con el problema; directamente con el personal implicado en el proceso de producción, para determinar posibles soluciones, mediante la utilización de herramientas de recopilación de datos como fotografías, hojas de observación para registrar datos relevantes, facilitando la identificación de actividades improductivas.

2.5. Procesamiento y análisis de datos

Se inicia mediante el procesamiento, verificación y análisis de los datos recopilados, los cuales se obtienen mediante técnicas de observación y recolección de datos a través de las visitas técnicas a la empresa LIWI Medical dentro del área de producción de calzado ortopédico, para presentar esta información de forma clara, ordenada y resumida e interpretarla mediante gráficos y datos estadísticos a través de software. Esta información se utiliza para la elaboración de un VSM actual del proceso productivo, logrando identificar los problemas generados, así como los desperdicios diagnosticando la situación actual. Una vez identificados los problemas, se determinará las herramientas de MA que ayuden a reducir o eliminar los desperdicios mejorando la productividad mediante el método cuantitativo AHP (Proceso analítico jerárquico por sus siglas en inglés Analytic Hierarcy Process) con la ayuda del Software Superdecisions. Asimismo, se aplica el uso de software que permita comprobar resultados y simular una propuesta mediante los resultados obtenidos.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Propuesta de solución

Mediante la aplicación de herramientas de MA como son el VSM y 5's en la empresa LIWI Medical, se plantea reducir y eliminar la mayor cantidad de desperdicios identificados dentro de la línea de producción de calzado ortopédico, realizando la simulación de la propuesta de mejora comparando resultados con la situación real, con la finalidad de optimizar la productividad y ambiente laboral.

3.2. Desarrollo del proyecto

- Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medical
 - Recopilar y registrar los procesos existentes.
 - Realizar un estudio de tiempos y movimientos.
 - Análisis del proceso de producción actual.
- Planteamiento de una solución para la mejora del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medical aplicando Herramientas de MA previamente determinadas
 - Diagnosticar el proceso productivo mediante VSM.
 - Identificar desperdicios dentro del proceso.
 - Selección de herramientas de MA.
 - Aplicación de herramientas de MA.

- Simulación de los procesos productivos actuales y la solución propuesta para la mejora del proceso productivo de calzado ortopédico en la empresa LIWI Medica, mediante Software.
- Simular el proceso productivo actual y propuesto
- Analizar la comparación entre ambos procesos.
- Establecer estrategias para propuesta de implementación.

3.3. Diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de calzado ortopédico

Descripción de la empresa

LIWI es una empresa ecuatoriana que se dedica a la elaboración de calzado especializado en el área de la salud mediante calzado diabético ortopédico además de calzado deportivo, de trabajo, casual entre otros. La planta de la empresa se encuentra ubicada en la parroquia Celiano Monge, en el cantón Ambato. Es creada en la década de 1990 por el Ingeniero W. Arias, siendo para ese entonces un taller artesanal bien recibido. Por lo que para lograr cumplir sus metas incorporó maquinaria importada de primera calidad a través de los años; con la experiencia ganada mediante estudios internacionales se establece en el mercado nacional con varias certificaciones y destaca en sus diseños “un paso adelante en el futuro de la industria del calzado”.

Misión

Diseñar y fabricar calzado especializado en la salud de los pies satisfaciendo al consumidor, siguiendo los principios biomecánicos y utilizando materiales inteligentes de calidad siendo respetuosos con el medio ambiente.

Visión

Lograr la mayor cantidad de sucursales alrededor del Ecuador líder en calzado ortopédico y plantillas en el cuidado de los pies, mediante un desarrollo anual del 20%.

Organigrama estructural

La empresa LIWI está conformada por 30 colaboradores distribuidos como se aprecia en el organigrama estructural en la figura 11: en el área administrativa lidera el gerente, el cual organiza, dirige la empresa, regula contrataciones.

La asistente administrativa ayuda en toma de decisiones al gerente, además de trabajar con los departamentos administrativos, de calidad, diseño, ventas y producción. Dentro del área administrativa, contabilidad controla las finanzas, compras se encarga de las existencias de insumos y bodega organiza estos insumos.

El encargado del control de calidad del producto terminado, así como de insumos es el comité de calidad. Diseño plantea modelos innovadores en relación con las tendencias. En ventas controlan y organizan pedidos de promotores a la mano con almacenes. Producción en conjunto con ventas, el jefe de producción es el encargado de toma de decisiones en el área productiva además de registrar la misma de inicio a fin.

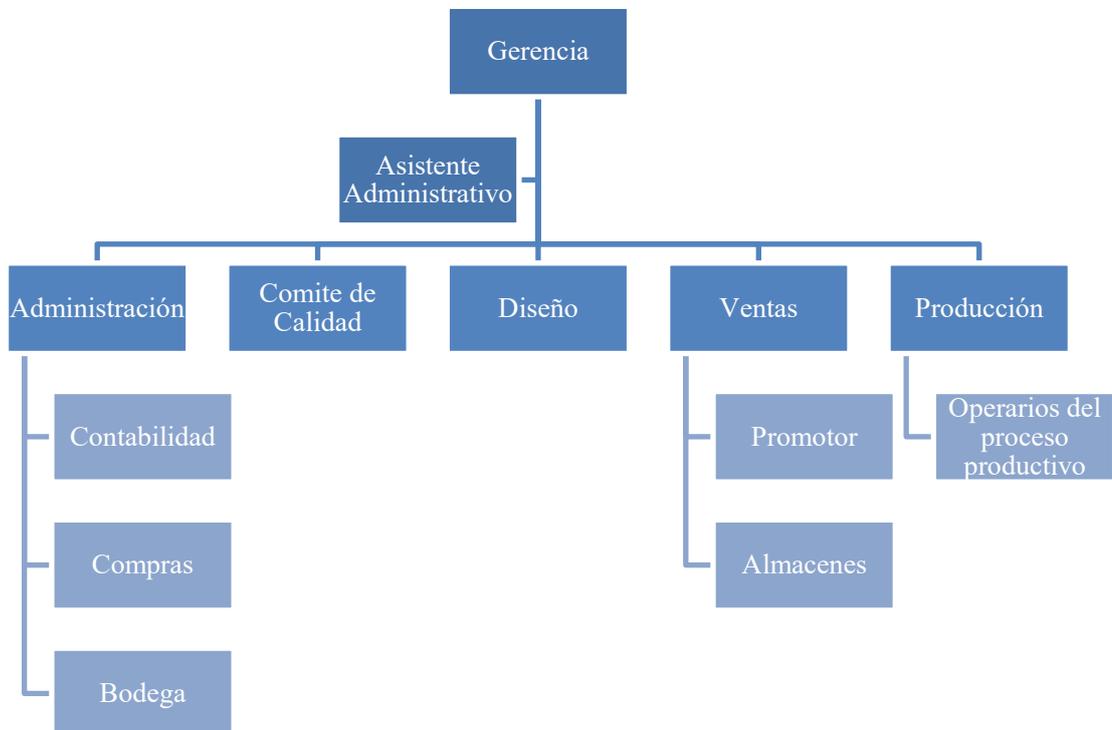


Figura 11. Organigrama empresarial

3.3.1. Productos ofertados

LIWI Medical actualmente ofrece dentro de su catálogo 12 líneas de calzado ortopédico cada una con funciones específicas siendo estas: biogateo, escolar, calzado de terapia, calzado para pie diabético, calzado deportivo ortopédico, fisiológica casual, sandalias fisiológicas, sandalias ortopédicas, casual, laboral, calzado personalizado y plantillas; cada línea de calzado con diferentes modelos y tallas, no obstante, no permanecen constantes, varían según el requerimiento del cliente, sin embargo, varios comparten flujos de producción e insumos, con la única variación la mayoría de casos de hormas. En la Tabla 5 se muestra un ejemplo de cada línea de calzado y un modelo de esta.

Tabla 5 Productos ofertados: líneas de calzado y modelos

Línea de calzado	Modelo	Línea de calzado	Modelo
Biogateo		Escolar	
Calzado de terapia		Sandalias fisiológicas	
Calzado para pie diabético		Sandalias ortopédicas	
Calzado deportivo ortopédico		Casual	

Tabla 5 Productos ofertados: líneas de calzado y modelos (continuación)

Línea de calzado	Modelo	Línea de calzado	Modelo
Fisiológica casual		Laboral	
Calzado personalizado		Plantillas	

Selección de los productos destacados

La Tabla 5 con la que se delimita la clasificación de los productos, se establece cuáles son las que mayor venta obtuvieron durante los años 2019, 2020 y 2021 como se muestra en la Tabla 6 que las ventas decayeron debido a la pandemia mundial especialmente el año 2020, aun así, se puede establecer que las ventas van incrementando, especialmente la línea escolar.

Tabla 6 Venta anual 2019 al 2021 de cada línea

Líneas de calzado ortopédico	2019	2020	2021
Biogateo	187	65	143
Terapia	965	427	611
Deportivo	258	149	321
Fisiológico casual	0	6	37
Casual	539	333	603
Personalizado	12	0	27
Para pie diabético	776	317	434
Escolar	2705	798	1425
Laboral	2	100	0
Sandalias fisiológicas	54	53	252
Sandalias	2	26	243
TOTAL	5500	2274	4096

Por lo que se estableció un análisis ABC de las 11 líneas de calzado de los últimos 3 años como se muestra en la Tabla 6, para determinar los productos con mayor influencia dentro de la empresa, a los cuales se debe prestar mayor atención; donde se establece según el principio de Pareto, la clasificación de productos siendo: A como “importantes” y gran impacto en la empresa son los que obtienen un porcentaje acumulado del 0 al 80%, productos de clasificación B considerados se “importancia secundaria” del 80 al 95%, y por último los productos de clasificación C o “menos importantes” del 95 al 100%.

El propósito del análisis ABC es clasificar los productos en grupos para establecer un adecuado control sobre los productos considerados como importantes, por lo tanto, se segmenta el ABC por líneas de calzado para simplificar la cantidad de modelos producidos por cada línea como se muestra en el Anexo 1: ABC de líneas de calzado ortopédicos manejadas por LIWI del año 2019 al 2021.

Como se puede observar en la tabla del Anexo 1, los productos de clasificación A representan el 71,3% de las ventas producidas durante los años 2019 al 2021 con una notable diferencia dentro de la categoría A la línea de calzado que destaca es la línea de escolares, así mismo los productos de categoría B engloban el 21,9% y por último los de categoría C con solamente un 6,9%, clasificando como importantes a las líneas de calzado: escolar, terapia y pie diabético.

Para comprobar gráficamente la clasificación ABC, se realiza un diagrama de Pareto como se muestra en el Figura 12.

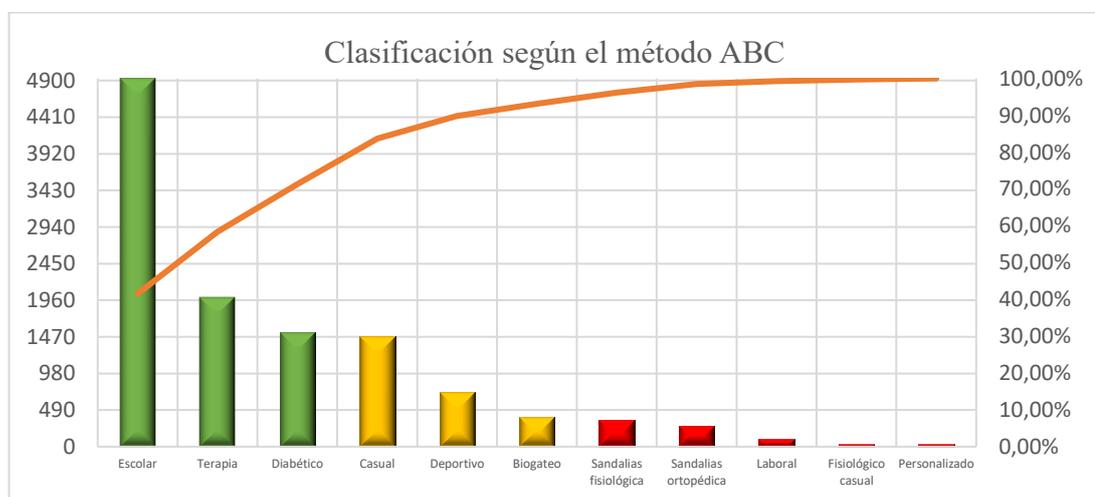


Figura 12. ABC de líneas de calzado 2019 al 2021

Con los resultados obtenidos, se realiza una clasificación de todos los modelos producidos en estas tres líneas de calzado seleccionadas como se observa en la Tabla 7. Para comprobar gráficamente la clasificación ABC de la Tabla 7, se realiza un diagrama de Pareto como se muestra en la Figura 12 para observar la curva ABC.

Tabla 7 ABC modelos de líneas de calzado: escolar, terapia y diabético

Modelo	Venta de pares	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado	Clasificación	%
DE02	3725	3725	46,59%	A	78,6%
CLTM13	1191	4916	61,48%	A	
TE04	782	5698	71,26%	A	
TM10	585	6283	78,58%	A	
ES02	440	6723	84,08%	B	16,2%
TE05	390	7113	88,96%	B	
WB04	153	7266	90,87%	B	
ES01	120	7386	92,37%	B	
TM03	78	7464	93,35%	B	
WB02	64	7528	94,15%	B	
SRA01	52	7580	94,80%	B	5,2%
BTM02	50	7630	95,42%	C	
EC01	43	7673	95,96%	C	
DE03	40	7713	96,46%	C	
BTM	38	7751	96,94%	C	
D04	34	7785	97,36%	C	
HL13	33	7818	97,77%	C	
DE04	31	7849	98,16%	C	
D03	26	7875	98,49%	C	
TE14	17	7892	98,70%	C	
BTM11	14	7906	98,87%	C	
BTM19	14	7920	99,05%	C	
WB01	13	7933	99,21%	C	
WB07	11	7944	99,35%	C	
TE12	8	7952	99,45%	C	
CP03	6	7958	99,52%	C	
HL07	6	7964	99,60%	C	
ES07	5	7969	99,66%	C	
MCA04	5	7974	99,72%	C	
BVM	4	7978	99,77%	C	

Tabla 7 ABC modelos de líneas de calzado: escolar, terapia y diabético (continuación)

Modelo	Venta de pares	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado	Clasificación	%
BTM03	3	7981	99,81%	C	
CHEF	3	7984	99,85%	C	
CP02	2	7986	99,87%	C	
HLTE05	2	7988	99,90%	C	
DE05	2	7990	99,92%	C	
BTM26	1	7991	99,94%	C	
EC02	1	7992	99,95%	C	
WB19	1	7993	99,96%	C	
HL60	1	7994	99,97%	C	
LLTEEN	1	7995	99,99%	C	
MX02	1	7996	100,00%	C	
TOTAL	7535				

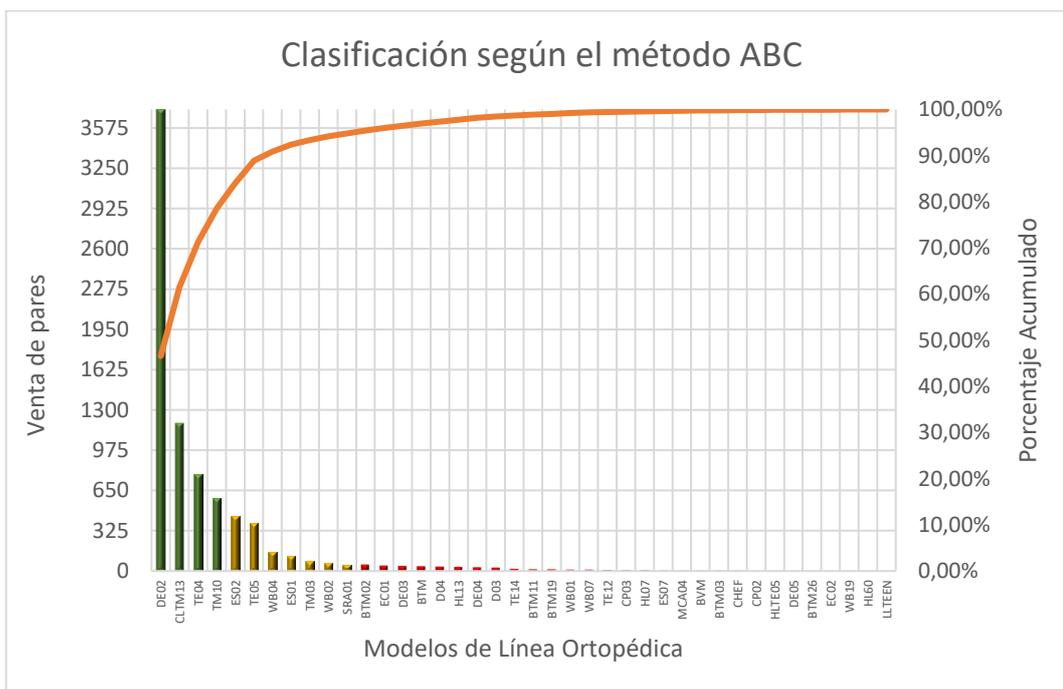


Figura 13. Clasificación ABC por modelos de líneas de calzado: escolar, terapia y diabético

Interpretación del análisis ABC

Debido a que el análisis ABC fue en función a los pares vendidos, se observa que dentro de los productos que representan la mayor producción y demanda de la empresa se encuentran dentro del grupo A: la línea escolar, de terapia y diabético;

considerándolos los óptimos para cualquier mejora de producción debido a que reflejarían beneficios económicos para la empresa de mayor impacto. De entre todos los modelos ofertados en las 3 líneas de calzado (escolar, terapia y diabético), destaca el modelo escolar DE02 siendo este el más solicitado por los consumidores, como se puede observar en el ABC de los modelos ofertados en las 3 líneas calzado, por lo que para este estudio tomará como referencia este modelo. Tras el análisis ABC se determinan 4 modelos tipo A los cuales son descritos en la Tabla 8.

Tabla 8 Modelos tipo A, línea escolar, terapia y casual de los años 2019 al 2021

Línea	Modelo	Diseño	Función
Escolar	DE02		Construcción Biomecánica Elementos Anatómicos Corrige problemas de pronación y supinación. Corrige problemas de audición.
Terapia	CLTM13		Construcción biomecánica. Elementos Anatómicos para la distribución de la presión plantar. Mejora el equilibrio.
Terapia	TE04		Construcción biomecánica. Elementos anatómicos para la distribución de la presión plantar. Mejora el Equilibrio.
Diabético	TM10		Amplio profundo Sin costuras Internas. Mejora el equilibrio. Mejora la circulación del riego sanguíneo

3.3.2. Procesos productivos

Descripción de procesos productivos

El proceso inicia con una nota de pedido desde todos los puntos de ventas distribuidos en el país, las cuales son planificadas en base al inventario actual de materia prima en bodega, la cual sirve de insumo para los procesos productivos; para lo cual las áreas de ventas y administración se encargan de verificar las cantidades y tipos de insumos para generar una orden de producción al encargado de producción, consecuentemente emitir al encargado de bodega dicha orden de producción, y el encargado de bodega abastece de insumos a las áreas establecidas, insumos como son: plantas, forros, cueros, pasadores, esponjas, ojalillos, hilos, pegamento, punteras, contrapuertas, ortesis, cambriones, etiquetas y cajas de empaque. Al finalizar con la preparación, los insumos son ubicados en gavetas para facilitar su traslado a sus respectivas áreas junto con la orden de producción.

Proceso de corte

Con los insumos o materia prima suministrada por el encargado de bodega junto a la orden de producción, el encargado de corte analiza la orden de producción y se dirige al anaquel de troqueles para tomar todos los modelos necesarios y junto al cuero y cuero sintético llevarlos a la mesa troqueladora. Previamente al proceso de corte, se preparan los troqueles; el trabajo comienza con el proceso de corte de cuatro tipos de piezas: capellada, costados, talón, lengüetas. En la misma máquina troqueladora, se realiza el proceso de corte



Figura 15. Corte del cuero



Figura 14. Corte de eva

de la eva para cuellos o espuma, para lo cual el encargado de corte toma los troqueles respectivos para realizar el troquelado de eva. Otra actividad dentro de esta área es el corte de forros. Debido a que no se cuenta con un troquel para esta pieza, el corte se lo realiza de forma manual mediante una mesa de corte y un estilete fino. Este proceso es realizado por la misma persona, la cual toma la plancha del forro del rack entregado por bodega y junto a los modelos realizar dichas piezas.

Proceso de rayado y destallado

Una vez con todas las piezas necesarias y junto a la orden de producción entregada por el área de corte, se procede al rayado de estas. Comenzando con el subproceso de rayado la encargada de esta área analiza al orden de producción y se selecciona los modelos adecuados para el rayado de todas las partes entregadas y trazar líneas de referencia para el destallado. Para lo cual previamente al destallado mueve las piezas a la mesa adjunta para pintar los bordes de cada pieza de cuero.



Figura 16. Rayado de piezas

Mientras se termina de secar la pintura las piezas de cuero, es necesario la regulación de parámetros de ambas máquinas para cada tipo de destallado, la primera máquina se usa para destallados gruesos como: tumbado y doblado; la segunda máquina para destallados finos como: achaflanado y embolsado. La pieza de cuello es para embolsado, y el resto primero tumbado y posteriormente achaflanado. Una vez



Figura 17. Embolsado

ajustadas las máquinas se destalla los bordes de las piezas según corresponde para facilitar el proceso de aparado del zapato. Una sola persona es la encargada del proceso de rayado y destallado. Finalizado este proceso se llena el rack con todas las piezas generadas junto a la orden de producción y es llevada al área de aparado donde comienza el ensamble inicial del zapato escolar.

Proceso de formación de plantillas

En este proceso se realiza el corte de las piezas que conforman la plantilla, que son: tafilete de cuero, sintético y espuma. No se utilizan máquinas troqueladoras, son recortadas de forma manual. Se hace el uso de troqueladora para realizar las olivas en el tafilete de cuero, además de una estampadora para imprimir el logo de la empresa.

Proceso de aparado

Una vez recibido todas las partes que componen el zapato, se comienza con el proceso de aparado. Este proceso de basa en cuatro partes principales como se observa en la Figura 18 y su respectiva enumeración: talón (1, 2, 4, 5, 6, 7 y 8), cuello (11, 12), capellada (9, 10 y 13), lengüeta (14, 15 y 16) y plantilla (17, 18 y 19).

En la mesa designada para ensamblar las partes, mediante el uso de pegamento y brocha, son unidas las partes en un orden establecido, dejando secar al ambiente unos minutos antes el pegamento para mejorar la adhesión, además mediante un martillo zapatero es golpeado el cuero con el objetivo de facilitar la costura del cuero.



Figura 18. Partes del DE02

Cada pieza que se necesite coser previamente es unida con pegamento. A continuación, es llevado a la máquina de costura, donde el trabajador prepara la máquina mediante el cambio de hilos de ser necesario y procede a coser. Primero es formado el talón con sus respectivas piezas, consecuentemente el cuello es unido al mismo, se continua con la capellada con el mismo proceso de pegado y cocido. Terminado esto, se coloca un forro en el interior de la capellada usando goma líquida aplicada. Finalizada la unión de talón, cuello y capellada, manualmente con el uso de un martillo y clavo se realiza los agujeros para los ojales y mediante una prensa la colocación de los ojales. Posteriormente se ensambla dentro de la capellada, la lengüeta cocida con sus respectivas partes. Finalmente, la plantilla completa es cosida a la parte inferior del zapato.

Proceso de montaje

Se comienza con la puesta de contrafuerte colocada para formar el talón del zapato, mediante una máquina conformadora de talones la cual aplica calor, teniendo en cuenta que para el modelo estudiado se usan



Figura 19. Inserción de contrafuertes

dos contrafuertes; una vez aplicado el calor al contrafuerte del talón, dentro de la misma máquina conformadora se coloca el contrafuerte en la enfriadora para terminar con este subproceso. Terminado el tiempo necesario para enfriar el contrafuerte, se



Figura 20. Activación puntera

procede con la inserción de la puntera, para lo que se implanta con pegamento previamente caliente dentro del zapato. Una vez pegado, se utiliza una máquina preformadora de puntas, donde se coloca el zapato con la puntera pegada para prensar este y al mismo tiempo aplicar calor en esta área. Una vez finalizado este proceso se lo ubica en un estante para su enfriamiento al ambiente y continuar con el armado del zapato.

Proceso de empastado

Una vez finalizado el proceso de montaje, se continua con el proceso de empastado. El objetivo de este proceso es insertar la horma y el pegamento en la parte interna del zapato para su reactivación en el proceso de armado. Se prepara el zapato colocando pasadores auxiliares a las agujetas Dentro de este proceso se unta pegamento por toda la superficie interna del zapato mediante una brocha, y luego se deja secar con el ambiente. Con el pagamento seco, se seleccionan las hormas que se usaran para colocarlas dentro del zapato con la ayuda de un sujetador de hormas y un calzador, después de esto, se atan los cordones del zapato e insertan pequeños



Figura 21. Pegamento en suela y planta



Figura 22. Colocación de horma

alfileres en la parte posterior del zapato (talón), dos alfileres con el objetivo de sostener la horma del zapato y evitar arrugas el cuero en los siguientes procesos. Posteriormente se recortan manualmente con el uso de una tijera las rebabas de material con el objetivo de dar uniformidad a la suela del zapato, y dar nuevamente otra capa de pegamento e igual que la primera capa dejar secar con el ambiente, mientras se coloca pagamento en la ortesis y cambiión y dejar secar unos segundos. Una vez secado el pegamento en las tres piezas se procede a dar una

última capa de pegamento ensamblando las tres piezas en la planta del zapato. De igual forma el pegamento es secado al ambiente por varios minutos.

Proceso de armado

El objetivo del proceso de armado es dar forma final al zapato mediante la reactivación del pegamento colocado en el proceso de empastado, para lo cual dentro de esta área se utilizan 6 máquinas: reactivadora de puntas, armadora de puntas, reactivadora de talones, cerradora de talones, cerradora de costados y desarrugadura. El proceso comienza con la reactivación del pegamento de puntas, el cual consiste en calentar la punta del zapato unos segundos



Figura 24. Reactivación punta

para obtener un material más flexible. Una vez reactivada la punta del zapato, se inserta



Figura 23. Formado de punta

dentro de la máquina de armado de puntas; esta máquina es calibrada cada vez que se cambia de talla y modelo de zapato por lo que requiere una calibración previa.

Para iniciar el armado del talón, de igual manera es necesaria la reactivación del pegamento del talón. Se deposita el zapato por varios minutos sobre la máquina reactivadora de talones con el objetivo de calentar el talón del zapato para obtener un material más flexible. No se tiene un estándar de tiempo para cada zapato. Así mismo una vez reactivado el talón, se procede con el uso del cerrador de costados y seguidamente es ubicado dentro de la cerradora de talón y ubicado en el mismo estante.

Esta máquina no necesita alguna calibración entre modelos o tallas, al igual que la máquina cerradora de talones. Estas actividades son realizadas por un solo trabajador.



Figura 25. Cerrado de costado y talón

Preparado de planta

Con las plantas en el área de preparado, se empieza con el cardado interno de la misma para alisar cualquier defecto interno de la planta. Posterior se limpian las partículas



Figura 26. Preparado de planta

cardadas mediante un soplador y cepillo. Una vez limpio se coloca líquido limpiador de planta, pegamento y adhesivo de calzado, con cada uno de los anteriormente mencionados se espera varios minutos para continuar con la colocación del siguiente.

Proceso de rayado y cardado

Terminado el proceso de armado, se raya la planta del zapato. Una planta se toma de modelo para rayar los bordes del zapato, con esto se pretende delimitar el área máxima para el subproceso de cardado. De haber varias tallas el trabajador se traslada al área de preparación de plantillas para tomar las necesarias.



Figura 27. Rayado de planta



Figura 28. Cardado de planta

Una vez finalizado el rayado del zapato, el trabajador se traslada al área de cardado. El objetivo del cardado es desgarrar las fibras superficiales del cuero, como resultado obtener una superficie áspera, para mejorar la adhesión de la planta y el pegamento. Existe solamente una máquina cardadora para este proceso.

Proceso de pegado de planta

Se hacer uso de brochas y dos tipos de pegamento. El primer pegamento es aplicado en la toda la planta del zapato y secado al ambiente por varios minutos, para continuar con la aplicación de la segunda capa de pegamento y de la misma forma secado al ambiente por varios minutos. El objetivo de ambas capas de pegamento es asegurar la completa adhesión de la planta a la suela del zapato. Una vez se haya secado la segunda

capa de pegamento se coloca el zapato dentro de la máquina reactivadora de plantas, la cual aplicara calor por varios segundos para reactivar el pegamento. Finalizado la reactivación de este, se aplica las plantas manualmente, y con el uso de un martillo zapatero se aplica presión sobre los costados.

Se procede a comprimir la suela del zapato para finalizar la unión de la planta al zapato, para ello se utiliza una máquina prensadora la cual aplica presión sobre toda la superficie del zapato dando como resultado una planta comprimida. Al finalizar la compresión, se coloca el zapato en la máquina enfriadora, con el objetivo de activar todas las moléculas de pegamento. La banda de esta llega al área de terminado y control de calidad.



Figura 29. Reactivadora de plantas

Proceso de terminado y empaquetado

Una vez sale el zapato de la máquina de enfriado, el encargado de terminado se traslada el mismo a la mesa adjunta, donde desata los cordones y retirar las hormas. A continuación, se retira el pegamento excedente de los bordes con una goma de caucho, y limpiar cualquier defecto presente en el zapato. Para finalizar coloca pasadores limpios, para continuar arma la caja de cartón en la que será empaquetado, observando la talla y orden de producción coloca afuera de la caja el código correspondiente a la orden de producción y deposita el zapato terminado en el área de bodega de productos terminados para su correspondiente designación.



Figura 30. Terminado y empaquetado

Diagrama de ensamble

Para identificar elementos como operaciones e inspecciones del proceso de forma general, se inicia con el desarrollo de un cursograma sinóptico, o también llamado diagrama de ensamble, el cual serán de ayuda en la descomposición de actividades para la elaboración del cursograma analítico actual y comprender la relación entre procesos para la fabricación de calzado ortopédico. Se indican los subprocesos para la fabricación del calzado escolar DE02 de forma general en la Figura 31.

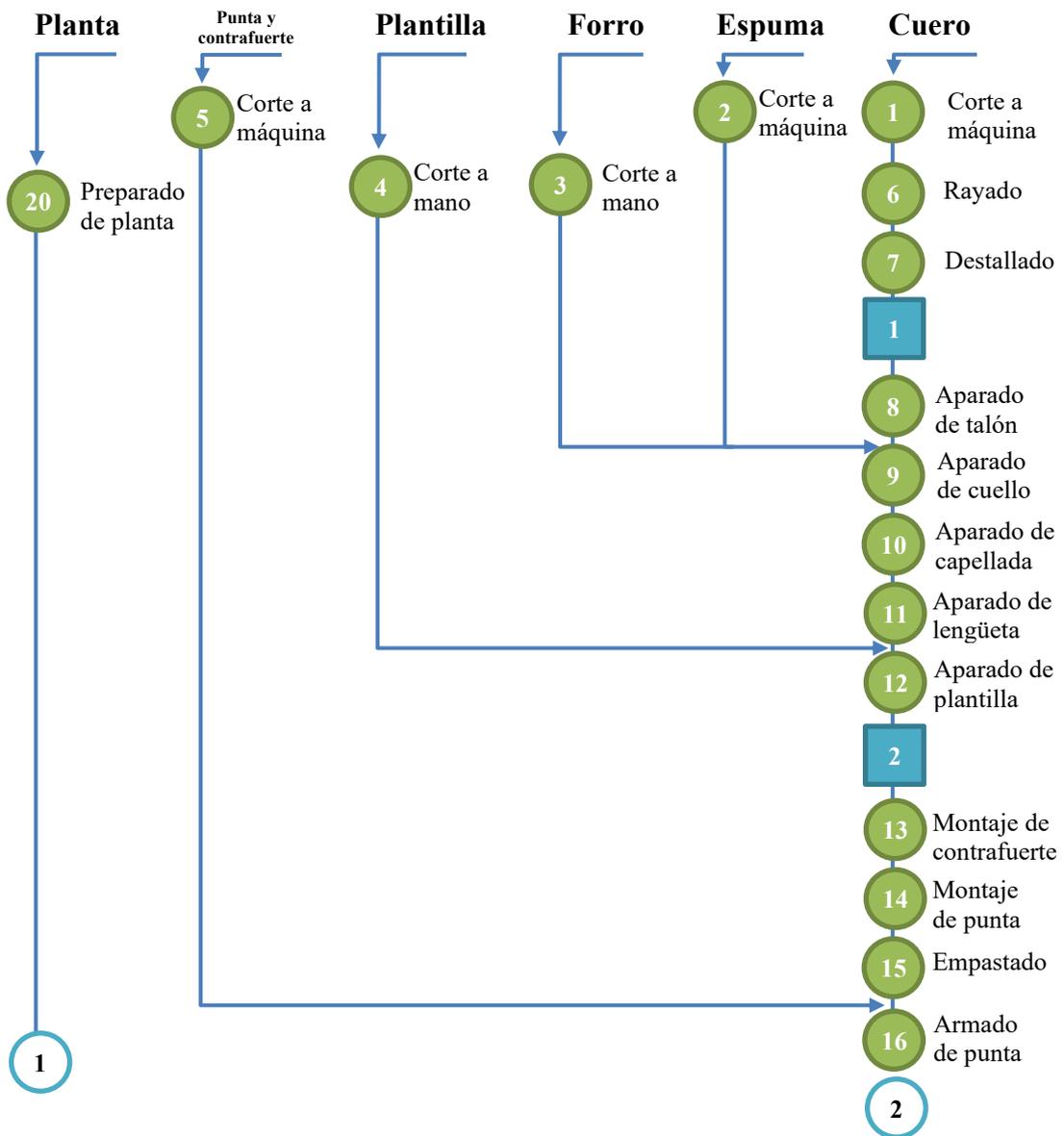


Figura 31. Diagrama de ensamble modelo DE02



Figura 31. Diagrama de ensamble modelo DE02 (continuación)

La empresa cuenta con varias áreas de trabajo para la producción de calzado ortopédico. Se describe a continuación las operaciones de cada proceso de la Figura 31.

Operación 1: Troquelado de piezas de cuero

Operación 2: Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack

Operación 3: Troquelar espuma

Operación 4: Colocar piezas de espuma en rack

Operación 5: Recortar forros

Operación 6: Recortar eva de plantilla y almacenar en rack

Operación 7: Codificar eva

Operación 8: Recortar sintético y almacenar

Operación 9: Codificar sintético

Operación 10: Recortar tafilete de cuero

Operación 11: Troquelar tafilete de cuero

Operación 12: Estampar logo en tafilete

Operación 13: Codificar tafiletes

Operación 14: Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente

Operación 15: Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente

Operación 16: Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas

- Operación 17:** Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero
- Operación 18:** Destallar bordes tipo tumbado
- Operación 19:** Destallar bordes tipo embolsado
- Operación 20:** Codificar todas las piezas
- Inspección 1:** Inspeccionar piezas
- Operación 21:** Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar cosido interno y recortar
- Operación 22:** Coser cara externa de ensamble A
- Operación 23:** Doblar costuras de ensamble A
- Operación 24:** Colocar pegamentos bordes internos, externos, exterior medio y secar
- Operación 25:** Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento dejar secar y unir (ensamble B)
- Operación 26:** Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)
- Operación 27:** Tomar el ensamble C, pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)
- Operación 28:** Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)
- Operación 29:** Tomar el ensamble E, coser uniones
- Operación 30:** Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)
- Operación 31:** Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)
- Operación 32:** Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar
- Operación 33:** Tomar ensamble G dar vuelta forro, recortar excedente y coser cuello
- Operación 34:** Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)
- Operación 35:** Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)
- Operación 36:** Tomar ensamble I, realizar cosido
- Operación 37:** Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar
- Operación 38:** Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar
- Operación 39:** Tomar etiquetas y colocar pegamento borde de etiquetas de la empresa
- Operación 40:** Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)
- Operación 41:** Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos
- Operación 42:** Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir
- Operación 43:** Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos
- Operación 44:** Recortar el forro excedente del empeine y punta,

- Operación 45:** Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales
- Operación 46:** Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos
- Operación 47:** Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)
- Operación 48:** Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos
- Operación 49:** Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente
- Operación 50:** Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera
- Operación 51:** Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L
- Operación 52:** Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno
- Operación 53:** Recortar forro sobrante en los extremos y hilos de la lengüeta
- Operación 54:** Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos
- Operación 55:** Tomar las piezas 17, 18, 19, colocar pegamento, dejar secar y unir (ensamble N)
- Operación 56:** Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta informativa
- Operación 57:** Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos
- Inspección 2:** Inspeccionar aparato
- Operación 58:** Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora
- Operación 59:** Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón
- Operación 60:** Tomar punta y colocar pegamento
- Operación 61:** Prensar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil
- Operación 62:** Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas
- Operación 63:** Colocar pegamento en la parte interna del zapato
- Operación 64:** Insertar horma
- Operación 65:** Ajustar horma con pasadores y clavos
- Operación 66:** Recortar rebabas de punta
- Operación 67:** Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato
- Operación 68:** Colocar pegamento en cambiión y ortesis

Operación 69: Unir cambiación a plantilla, colocar pegamento

Operación 70: Unir ortesis al cambiación

Inspección 3: Inspeccionar empastado del zapato

Operación 71: Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas

Operación 72: Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil

Operación 73: Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar

Operación 74: Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora

Operación 75: Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil

Inspección 4: Inspeccionar armado del zapato

Operación 76: Cardado de planta

Operación 77: Sopleteado

Operación 78: Cepillado

Operación 79: Colocar liquido limpiador de planta

Operación 80: Colocar pegamento

Operación 81: Colocar adhesivo de calzado

Operación 82: Tomar del estante móvil el zapato y junto a una planta rayar los bordes

Operación 83: Realizar el cardado de bordes inferiores

Operación 84: Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante

Operación 85: Colocar 2da capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante

Operación 86: Colocar el zapato, planta y reactivar

Operación 87: Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente

Operación 88: Comprimir planta

Operación 89: Retirar cordones y hormas

Operación 90: Inspeccionar, limpiar y pintar defectos

Operación 91: Colocar pasadores y plantilla

Operación 92: Empaquetar

El zapato ortopédico escolar DE02 consta de 22 subprocesos, 92 operaciones y 4 inspecciones para completar el producto final.

Maquinaria utilizada

La empresa LIWI dispone de maquinaria en varios de sus procesos las cuales permiten la obtención de un producto de calidad, incrementado la eficiencia y cumpliendo los requisitos del cliente. Estas son descritas en el Anexo 2.

3.3.3. Estudio de tiempos

Para la elaboración del estudio de tiempos, se analiza cada proceso implicado en la elaboración del calzado ortopédico modelo DE02. Así, se utiliza el método de cronometraje vuelta a cero, donde después de cada toma de tiempo de actividad o elemento, el tiempo es reiniciado cada vez que termine el mismo.

Obtenidas las muestras preliminares, se aplica el criterio de General Electric como se muestra en el Anexo 3, para determinar el tamaño de muestra de cada proceso, tomando en cuenta el total de minutos por ciclo para concluir un proceso estimado entre 5 a 10 minutos, siendo 10 muestras las necesarias para obtener un tiempo observado con mayor confiabilidad.

Posterior se selecciona al trabajador con mayor capacidad para cada proceso, en pocas palabras, al trabajador con más experiencia y conocimiento necesarios. Además, se utiliza el Sistema Westinghouse para realizar la valoración del trabajo mostrada en la Tabla 1 y criterios de la OIT para calcular los suplementos como se muestra en la Tabla 2 para cada puesto de trabajo. Para de este modo calcular el tiempo normal mostrada en la fórmula (1) y tiempo estándar mostrada en la fórmula (2) de cada proceso para la fabricación de un par.

La Tabla 9 muestra el cálculo de tiempo estándar actual del proceso de corte, subproceso corte como ejemplo para la aplicación a todos y cada uno de los procesos que forman la elaboración de calzado ortopédico modelo DE02.

Las muestras tomadas y demás tiempos normales y estándares se muestran en el Anexo 4: Cálculo de tiempo estándar por proceso, obteniendo la Tabla 10 resumen.

Tabla 9 Cálculo de tiempo estándar subproceso Corte

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR													
Elaborado:	Josué Idrobo		Hoja:	1									
Método:	Actual		Fecha:	21/6/2022									
Descripción de Actividad													
Proceso:	Corte 1		Operarios:	1									
Subproceso:	Corte		Maquinaria:	Troquel									
Cronometraje:	Puesta a cero		Cantidad:	1 par									
N°	Actividad												
1	Trasportar rack de materia prima (cuero, espuma) al área de corte												
2	Troquelado de piezas de cuero												
3	Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack												
4	Troquelar espuma												
5	Colocar piezas de espuma en rack												
6	Recortar forros												
7	Trasportar rack de piezas a área de destallado												
Toma de tiempos (seg)													
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	41,05	42,15	43,19	40,55	39,01	39,66	42,56	41,19	40,02	42,95	41,23		
2	96,93	99,44	97,53	97,02	97,25	95,29	95,46	95,38	97,81	98,08	97,02		
3	11,01	12,60	11,51	11,21	12,51	10,56	13,42	12,92	13,39	12,02	12,12		
4	8,16	8,83	8,10	7,25	7,37	8,58	8,14	7,43	6,53	7,43	7,78		
5	2,66	3,73	2,95	3,83	2,31	3,82	2,95	3,87	3,72	3,56	3,34		
6	28,81	26,84	27,56	27,28	29,98	26,56	28,09	27,43	28,74	28,44	27,97		
7	10,34	11,66	10,58	11,81	10,45	11,08	11,09	10,56	10,16	9,96	10,77		
Tiempo observado (TO):									200,23 seg				
Factor de desempeño				Suplementos									
Críterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		B2	0,08	Necesidades Personales		5		De pie		2			
Esfuerzo		C1	0,05					Postura		0			
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =	200,23							Concentración		2			
FD =	0,16							Ruido		2			
TN =	232,27							Tensión mental		1			
S (%) =	19,00							Monotonía		1			
TS =	276,40							seg		Tedio		2	

Tabla 10 Resumen del tiempo estándar de producción zapato ortopédico DE02

Proceso	Subproceso	TS (seg/u)	TS (min/u)	TS por proceso (min/u)
Corte 1	Corte	276,40	4,61	10,51
Corte 2	Punta y contrafuerte	72,24	1,20	
	Formación de plantilla	282,18	4,70	
Rayado y Destallado	Rayado	258,28	4,30	10,89
	Destallado	395,38	6,59	
Aparado	Aparado de talón	334,88	5,58	27,46
	Aparado de cuello	262,34	4,37	
	A. de capellada	586,55	9,78	
	A. de lengüeta	265,81	4,43	
	A. de plantilla	198,21	3,30	
Montaje	M. de Talón	165,85	2,76	4,25
	M. de Punta	89,30	1,49	
Empastado	Preparar horma	287,89	4,80	7,10
	Empastado	138,15	2,30	
Armado	Armado de Punta	126,34	2,11	4,77
	Armado de Talón	159,82	2,66	
Preparado de planta	Preparado de planta	363,21	6,05	6,05
Rayado y Cardado	Rayado	78,22	1,30	3,20
	Cardado	113,51	1,89	
Pegado de planta	Pegado de planta	618,85	10,31	10,31
Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	581,43	9,69	9,69
TOTAL		5654,84	94,25	

3.3.4. Análisis del método actual de producción del modelo DE02

Con el objetivo de obtener información sobre el método y tiempo empleado en el cumplimiento de cada una de las actividades en la producción del zapato, se ha empleado herramientas de ingeniería, para establecer la situación actual en la cual se está elaborando el calzado ortopédico modelo DE02 en la empresa LIWI Medical.

A través del estudio de trabajo, se determina los tiempos usados en cada una de las operaciones o actividades y establecer el índice de producción que se puede alcanzar actualmente, además identificar el proceso en el cual este limitando la capacidad de producción y posteriormente identificar las posibles causas.

3.3.5. Flujograma de la producción del calzado ortopédico DE02

En este diagrama, Figura 32, se encuentran los principales procesos para creación del calzado ortopédico escolar modelo DE02 desde la generación de la orden de producción hasta el ensamble final.

Figura 32. Flujograma de producción del modelo DE02

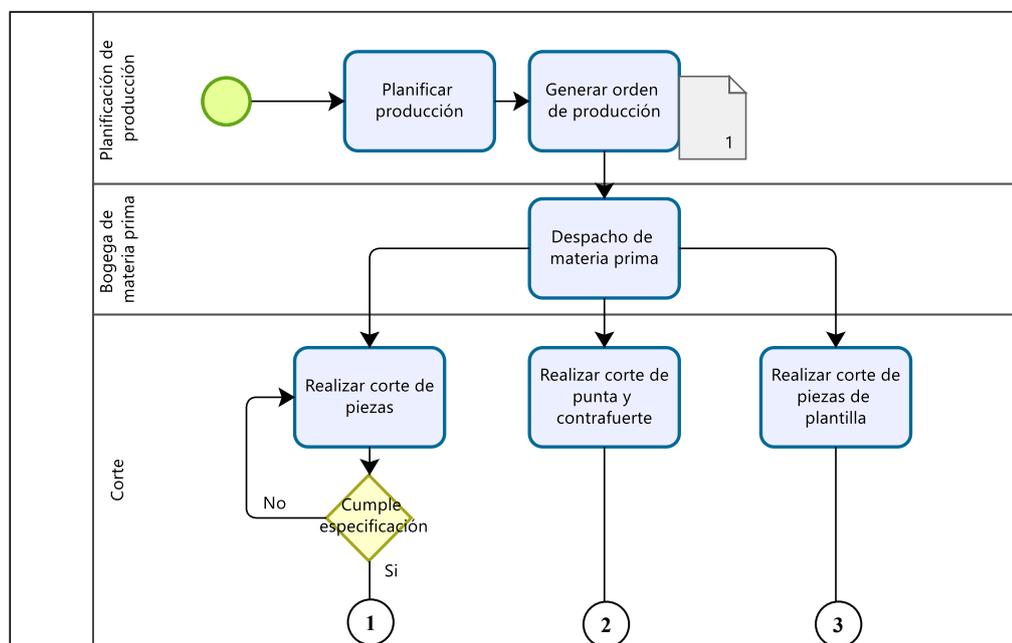
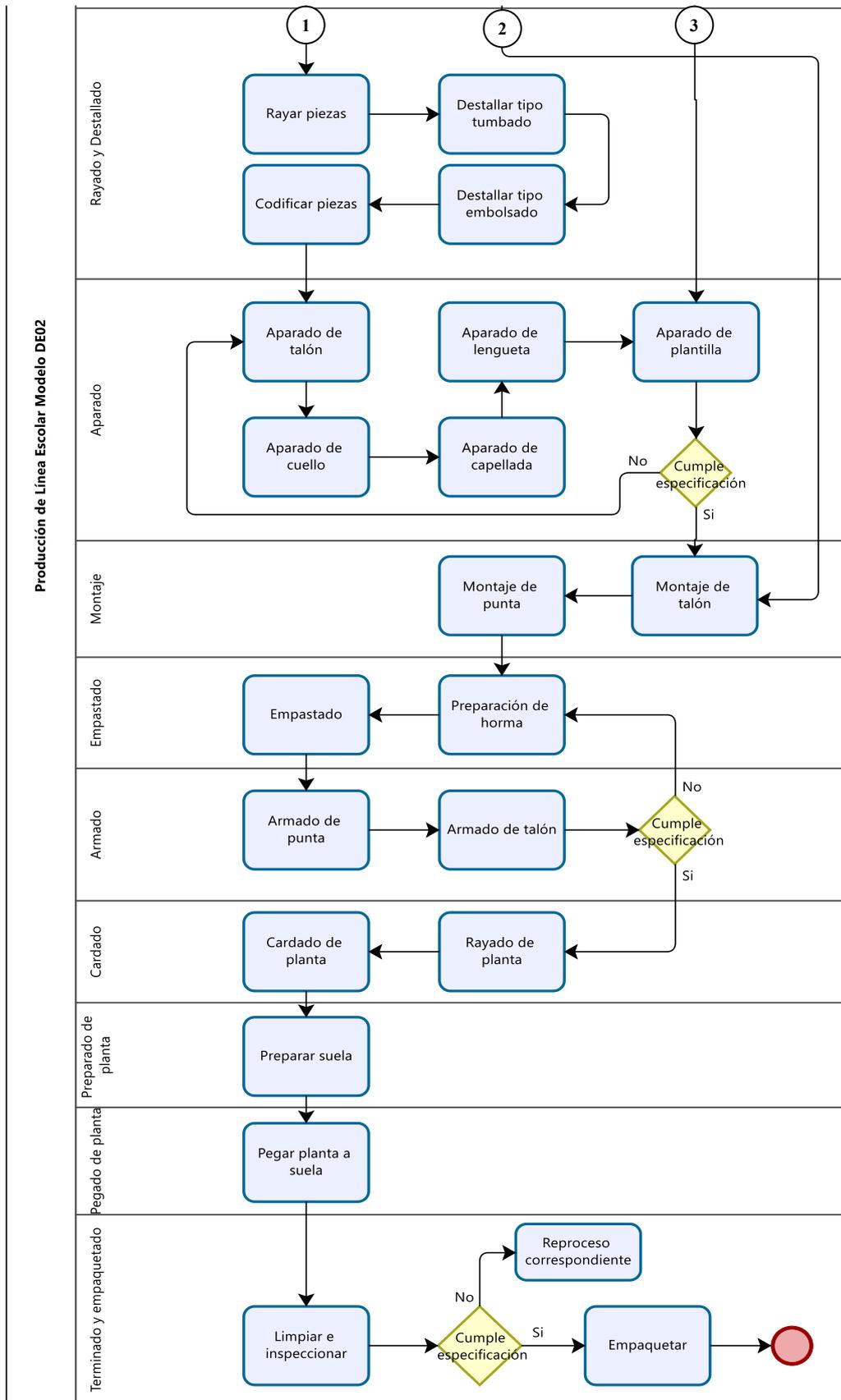


Figura 32. Flujo de producción del modelo DE02 (continuación)



3.3.6. Cursograma analítico

Tabla 11 Cursograma analítico actual zapato ortopédico DE02

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN												
CURSOGRAMA ANALÍTICO														
Empresa:		LIWI		Método:		Actual / Propuesto		Hoja #:	1 de 1					
Producto:		Zapato ortopédico		Modelo:		DE02		Fecha:	1/6/2022					
Área:		Producción		Realizado por:		Josué Idrobo		Diagrama #:	1					
No. Operarios:		10		Jefe de producción:		Ing. Laica Javier		Operario/Material/Equipo						
Identificación de Actividades				Distancia (m)	Tiempo (seg)	Frec.	Símbolos del Diagrama					Valor		Observaciones
No	Procesos	Subprocesos	Actividades				●	➔	□	■	▼	Si	No	
1	Bodega M. P	Recepción de M. P	Almacenar materia prima	----	----	250	○	➔	□	■	▼		X	
2	Corte	Corte	Transportar rack de materia prima (cuero, cuero sintético espuma) al área de corte	31,4	41,23	35	○	➔	□	■	▼		X	
3			Troquelado de piezas de cuero	----	97,02	1	●	➔	□	■	▼	X		
4			Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack	----	12,12	1	●	➔	□	■	▼	X		
5			Troquelar espuma	----	7,78	1	●	➔	□	■	▼	X		
6			Colocar piezas de espuma en rack	----	3,34	1	●	➔	□	■	▼	X		
7			Recortar forros	----	27,97	1	●	➔	□	■	▼	X		
8			Transportar rack de piezas a área de destallado	5,3	10,77	25	○	➔	□	■	▼		X	
9			Almacenar piezas	----	----	35	○	➔	□	■	▼		X	
10			Corte de plantillas	Transportar rack (plantillas) al área de corte	27,8	41,96	35	○	➔	□	■	▼		X
11		Recortar eva de plantilla y almacenar en rack		----	31,95	1	●	➔	□	■	▼	X		
12		Codificar eva		----	0,96	1	●	➔	□	■	▼	X		
13		Recortar sintético y almacenar		----	20,23	1	●	➔	□	■	▼	X		
14		Codificar sintético		----	2,87	1	●	➔	□	■	▼	X		
15		Recortar tafilete de cuero		----	31,67	1	●	➔	□	■	▼	X		
16		Troquelar tafilete de cuero		----	17,55	1	●	➔	□	■	▼	X		
17		Transportar tafilete a la máquina estampadora		4,3	8,34	35	○	➔	□	■	▼		X	
18		Estampar logo en tafilete		----	19,43	1	●	➔	□	■	▼	X		
19		Codificar tafiletes		----	2,86	1	●	➔	□	■	▼	X		
20		Transportar tafilete estampados a rack		4,3	8,69	35	○	➔	□	■	▼		X	
21		Almacenar tafilete junto a espuma y sintético	----	----	35	○	➔	□	■	▼		X		
22		Punta y contrafuerte	Transportar plancha contrafuerte y punta al área de corte	24,3	22,10	1	○	➔	□	■	▼		X	
23			Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente	----	7,25	1	●	➔	□	■	▼	X		
24			Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente	----	7,70	1	●	➔	□	■	▼	X		
25			Transportar punta y contrafuerte al área de montaje	7,4	10,70	35	○	➔	□	■	▼		X	
26		Almacenar punta y contrafuerte	----	----	35	○	➔	□	■	▼		X		
27		Rayado y destallado	Rayado	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas	----	138,87	1	●	➔	□	■	▼	X	
28	Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero			----	39,01	1	●	➔	□	■	▼	X		
29	Destallado		Destallar bordes tipo tumbado	----	41,59	1	●	➔	□	■	▼	X		
30			Destallar bordes tipo embolsado	----	180,63	1	●	➔	□	■	▼	X		
31			Codificar todas las piezas	----	35,57	1	●	➔	□	■	▼	X		
32			Inspeccionar piezas	----	5,69	1	○	➔	■	▼		X		
33			Almacenar piezas codificadas	----	----	35	○	➔	□	■	▼		X	
34			Transportar piezas al área de aparado	5,7	8,82	25	○	➔	□	■	▼		X	
35	Aparado	Aparado de talón	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos	----	9,11	1	●	➔	□	■	▼	X		
36			Coser cara externa de ensamble A	----	26,64	1	●	➔	□	■	▼	X		
37			Doblar costuras de ensamble A	----	7,72	1	●	➔	□	■	▼	X		
38			Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio y secar	----	18,03	1	●	➔	□	■	▼	X		
39			Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento y unir (ensamble B)	----	47,77	1	●	➔	□	■	▼	X		
40			Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)	----	16,47	1	●	➔	□	■	▼	X		
41			Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)	----	23,84	1	●	➔	□	■	▼	X		

Tabla 11 Cursograma analítico actual zapato ortopédico DE02 (continuación)

No	Procesos	Subprocesos	Identificación de Actividades	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Frecq.	Símbolos del Diagrama					Valor		Observaciones
							●	➡	□	▢	▽	Si	No	
42	Aparado	talón	Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)	----	22,14	1	●	➡	□	▢	▽	X		
43			Tomar el ensamble E, coser uniones	----	48,12	1	●	➡	□	▢	▽	X		
44		Aparado de cuello	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)	----	29,76	1	●	➡	□	▢	▽	X		
45			Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)	----	21,74	1	●	➡	□	▢	▽	X		
46			Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar	----	10,02	1	●	➡	□	▢	▽	X		
47			Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello	----	78,28	1	●	➡	□	▢	▽	X		
48			Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)	----	32,43	1	●	➡	□	▢	▽	X		
49			Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)	----	28,19	1	●	➡	□	▢	▽	X		
50		Aparado de capellada	Tomar ensamble I, realizar cosido	----	17,18	1	●	➡	□	▢	▽	X		
51			Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar	----	10,73	1	●	➡	□	▢	▽	X		
52			Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar	----	9,93	1	●	➡	□	▢	▽	X		
53			Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa	----	3,17	1	●	➡	□	▢	▽	X		
54			Unir ensamblados I, H, etiquetas (ensamble J)	----	30,76	1	●	➡	□	▢	▽	X		
55			Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos	----	19,53	1	●	➡	□	▢	▽	X		
56			Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir	----	40,41	1	●	➡	□	▢	▽	X		
57			Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos	----	32,17	1	●	➡	□	▢	▽	X		
58		Aparado de capellada	Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta	----	43,29	1	●	➡	□	▢	▽	X		
59			Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales	----	43,21	1	●	➡	□	▢	▽	X		
60			Transportar ensamble J al compresor de ojales	8	11,82	35	○	➡	□	▢	▽		X	
61			Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos	----	82,31	1	●	➡	□	▢	▽	X		
62		Aparado de lengüeta	Transportar ensamble J con ojales al área de aparado	8	12,37	35	○	➡	□	▢	▽		X	
63			Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)	----	2,70	1	●	➡	□	▢	▽	X		
64			Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos	----	9,04	1	●	➡	□	▢	▽	X		
65			Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente	----	27,57	1	●	➡	□	▢	▽	X		
66			Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera	----	24,87	1	●	➡	□	▢	▽	X		
67			Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L	----	12,02	1	●	➡	□	▢	▽	X		
68	Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno		----	19,82	1	●	➡	□	▢	▽	X			
69	Recortar forro sobrante en los extremos y hilos de la lengüeta		----	17,10	1	●	➡	□	▢	▽	X			
70	Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos	----	61,40	1	●	➡	□	▢	▽	X				
71	Montaje	Aparado de plantilla	Tomar las piezas 17, 18, 19, colocar pegamento, dejar secar y unir (ensamble N)	----	48,77	1	●	➡	□	▢	▽	X		
72			Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta informativa	----	31,76	1	●	➡	□	▢	▽	X		
73			Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos	----	36,90	1	●	➡	□	▢	▽	X		
74			Inspeccionar aparado	----	5,11	1	○	➡	□	▢	▽		X	
75		Transportar zapato aparado al área de montaje	3,7	7,59	35	○	➡	□	▢	▽		X		
76		Almacenar zapato aparado	----	----	60	○	➡	□	▢	▽		X		
77	M. de talón	Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora	----	60,86	1	●	➡	□	▢	▽	X			
78		Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón	----	60,30	1	●	➡	□	▢	▽	X			
79	M. de punta	Tomar punta y colocar pegamento	----	5,44	1	●	➡	□	▢	▽	X			
80		Preparar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil	----	59,79	1	●	➡	□	▢	▽	X			
81	Empastado	Preparado de horma	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas	----	52,64	1	●	➡	□	▢	▽	X		
82			Colocar pegamento en la parte interna del zapato	----	27,53	1	●	➡	□	▢	▽	X		
83			Insertar horma	----	36,71	1	●	➡	□	▢	▽	X		
84			Ajustar horma con pasadores y clavos	----	70,39	1	●	➡	□	▢	▽	X		
85			Recortar rebabas de punta	----	26,71	1	●	➡	□	▢	▽	X		

Tabla 11 Cursograma analítico actual zapato ortopédico DE02 (continuación)

Identificación de Actividades				Distancia (m)	Tiempo (seg)	Frecq.	Símbolos del Diagrama					Valor		Observaciones
No	Procesos	Subprocesos	Actividades				●	➡	■	●	▼	Si	No	
86	Empastado	Empastado	Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato	----	52,26	1	●	➡	□	D	▼	X		
87			Colocar pegamento en cambrión y ortesis	----	18,16	1	●	➡	□	D	▼	X		
88			Unir cambrión a plantilla, colocar pegamento	----	21,67	1	●	➡	□	D	▼	X		
89			Unir ortesis al cambrión	----	5,33	1	●	➡	□	D	▼	X		
90			Inspeccionar empastado del zapato	----	5,26	1	○	➡	■	D	▼		X	
91			Almacenar zapato empastado	----	----	35	○	➡	□	D	▼		X	
92			Armado	A. de punta	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas	----	47,42	1	●	➡	□	D	▼	X
93	Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil	----			38,29	1	●	➡	□	D	▼	X		
94	A. de talón	Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar		----	61,20	1	●	➡	□	D	▼	X		
95		Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora		----	20,96	1	●	➡	□	D	▼	X		
96		Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil		----	23,75	1	●	➡	□	D	▼	X		
97		Inspeccionar armado del zapato		----	2,50	1	○	➡	■	D	▼		X	
98		Almacenar zapato armado		----	----	0	○	➡	□	D	▼		X	
99		Preparado de planta		Preparado de planta	Trasportar plantas a área de preparado de planta	49,76	58,26	35	○	➡	□	D	▼	
100	Cardado de planta		----		48,14	1	●	➡	□	D	▼	X		
101	Sopleteado		----		6,34	1	●	➡	□	D	▼	X		
102	Trasportar planta a mesa de preparado de planta		6,16		5,34	12	○	➡	□	D	▼		X	
103	Cepillado		----		10,76	1	●	➡	□	D	▼	X		
104	Colocar liquido limpiador de planta		----		16,78	1	●	➡	□	D	▼	X		
105	Preparado		Preparado		Colocar pegamento	----	63,29	1	●	➡	□	D	▼	X
106		Colocar adhesivo de calzado		----	51,30	1	●	➡	□	D	▼	X		
107		Trasportar planta a reactivadora de planta		2,1	5,21	1	○	➡	□	D	▼		X	
108	Cardado	Rayado	Tomar del estante móvil el zapato y junto a una planta rayar los bordes	----	42,87	1	●	➡	□	D	▼	X		
109			Trasportar zapato rayado al área de cardado	7,6	12,06	25	○	➡	□	D	▼		X	
110		Cardado	Realizar el cardado de bordes inferiores	----	63,04	1	●	➡	□	D	▼	X		
111			Trasportar zapato cardado al área de pegado de planta	7,6	12,67	25	○	➡	□	D	▼		X	
112	Pegado de planta	Pegado de planta	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	----	61,66	1	●	➡	□	D	▼	X		
113			Colocar 2da capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	----	61,76	1	●	➡	□	D	▼	X		
114			Colocar el zapato, planta y reactivar	----	247,31	1	●	➡	□	D	▼	X		
115			Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente	----	62,50	1	●	➡	□	D	▼	X		
116			Comprimir planta	----	18,98	1	●	➡	□	D	▼	X		
117	Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	Trasportar zapato enfriado al área de empaquetado	4,3	17,40	4	○	➡	□	D	▼		X	
118			Retirar cordones y hormas	----	61,38	1	●	➡	□	D	▼	X		
119			Inspeccionar, limpiar y pintar defectos	----	191,27	1	○	➡	■	D	▼	X		
120			Colocar pasadores y plantilla	----	59,62	1	●	➡	□	D	▼	X		
121			Empaquetar	----	59,70	1	●	➡	□	D	▼	X		
122			Trasportar zapato empaquetado a bodega de producto terminado	6,1	6,88	3	○	➡	□	D	▼		X	
123			Almacenar producto terminado	----	----	30	○	➡	□	D	▼		X	

Tabla 12 Resumen cursograma analítico

Actividad		Cantidad	Total
Operación	●	92	3587,38 seg
Transporte	➡	18	302,19 seg / 213.82 m
Inspección	■	4	18,56 seg
Demora	●	0	0 seg
Almacenaje	▼	9	---
Total		123	3908,13 seg

Figura 33 Diagrama de recorrido actual del material

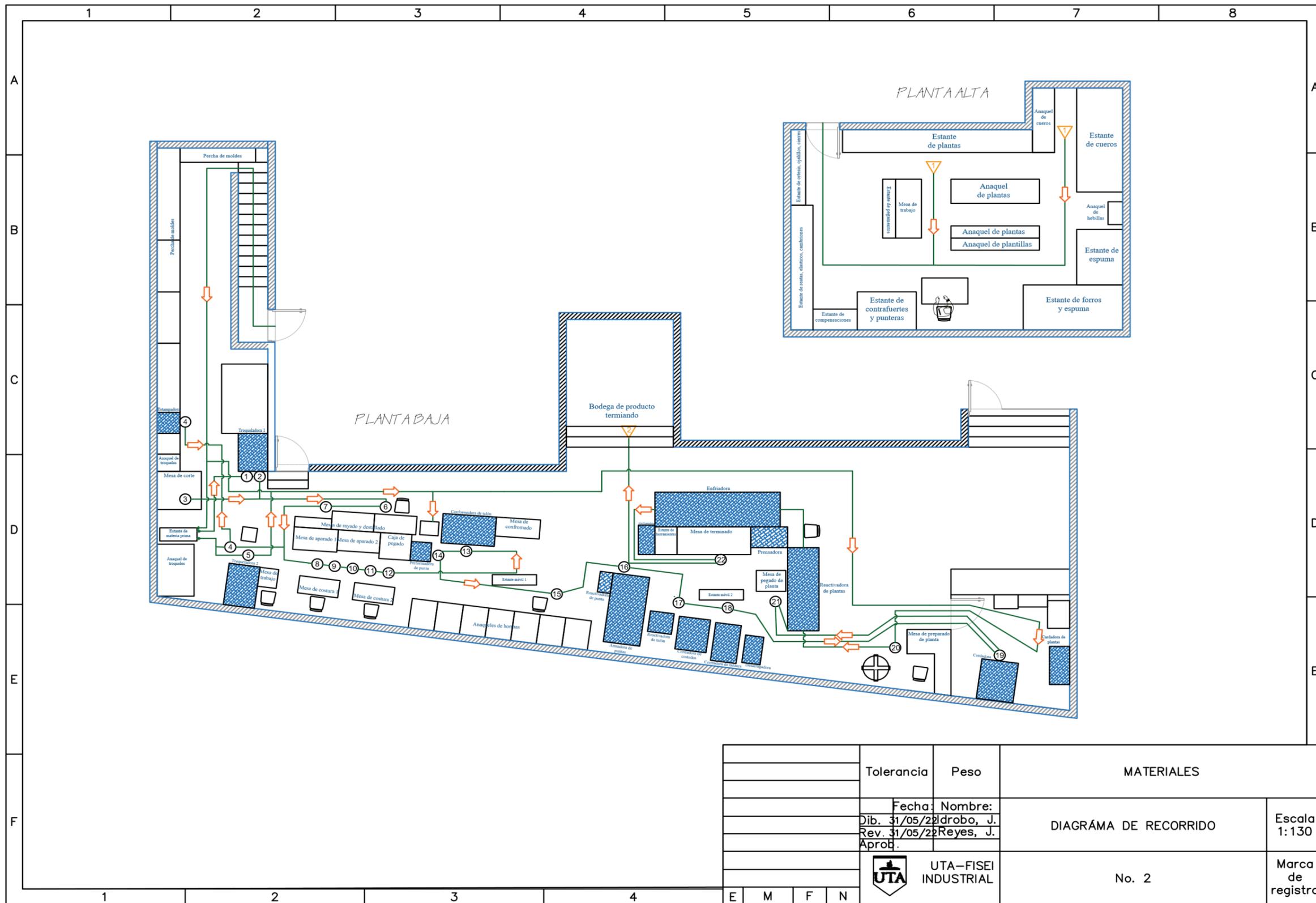


Diagrama de recorrido actual

La Tabla 12, detalla 92 operaciones, 18 trasportes, 4 inspecciones, 0 demoras y 9 almacenajes, obteniendo la distancia total recorrida por la materia prima de 213,82 metros para completar un par de zapatos. El Anexo 5 señala el diseño de la empresa LIWI y en la Figura 33 se representa el recorrido actual de materia prima por las distintas estaciones y procesos, comenzando desde la bodega de materia prima hasta la bodega de productos terminados detallando las operaciones y transportes en cada área de trabajo.

3.3.7. Capacidad de producción y medición de procesos

Para calcular la capacidad de producción diaria se considera las 8 horas de trabajo y el tiempo estándar establecido en la Tabla 10 para cada proceso. Aplicando la Ecuación (3), como resultado se obtiene las capacidades de producción diarias de cada proceso mostrados en la Tabla 13.

$$\text{Capacidad de producción diaria} = \frac{480 \text{ min/jornada}}{\text{Tiempo Estándar (min/u)}} \quad (6)$$

Tabla 13 Capacidad de producción diaria del modelo DE02

Proceso	TS (min/u)	Cp (u/día)	Estaciones	Cp (u/día)
Corte (Corte)	4,61	104,1975	1	104,1975
Corte (Punta contrafuerte / Plantilla)	5,91	81,2609	1	81,2609
Rayado y Destallado	10,89	44,0597	1	44,0597
Aparado	27,46	17,4779	2	34,9558
Montaje	4,25	112,8727	1	112,8727
Empastado	7,10	67,5986	1	67,5986
Armado	4,77	100,6420	1	100,6420
Preparado de planta	6,05	79,2928	1	79,2928
Rayado y Cardado	3,20	150,2147	1	150,2147
Pegado de planta	10,31	46,5381	1	46,5381
Terminado y Empaquetado	9,69	49,5334	1	49,5334

La capacidad de producción diaria de cada proceso en la empresa LIWI Medical fluctúa entre los 34,95 y 150,21 pares al día, lo que señala un gran desbalance entre líneas de producción debido a la incorrecta sincronización de fabricación entre procesos. Esta variabilidad da lugar a cuellos de botella y por lo tanto una disminución de producción.

Para identificar el proceso que restringa la producción de zapatos ortopédicos se localiza e identifica el cuello de botella. La Tabla 13 muestra el proceso de aparado como el proceso cuello de botella ya que es el proceso con menor capacidad de producción. Mediante las visitas a la empresa se evidenció que dentro del proceso existe la acumulación de inventario generado en la mesa de aparado después del proceso de rayado y destallado, dando efecto al cuello de botella. Dentro del proceso productivo de LIWI el proceso de aparado determina el ritmo de producción, con 34,95 pares diarios. Para calcular el índice de utilización del proceso de corte se rempazan los datos de la Tabla 13 en la Ecuación (5).

Proceso de Corte

$$\text{Capacidad utilizada (aparado)} = 34,95 \text{ pares } \times \text{ jornada}$$

$$C_p \text{ del proceso (corte)} = 104,19 \text{ u/día}$$

$$IU\% = \frac{35,95}{104,19} = 33,5\%$$

De la misma forma se calculan los índices de utilización para los demás procesos obteniendo los siguientes resultados como se muestra en la Tabla 14 la cual señala los índices de utilización, los procesos de rayado y destallado y pegado de planta poseen un índice más cercano a la capacidad de producción a comparación con los demás con un 79,3% y 75,1% respectivamente, siendo considerados como procesos que restringen la producción. Por lo tanto, son procesos a los que también se enfoca este proyecto de investigación.

Tabla 14 Recursos restringidos por la capacidad

Proceso	Índice de utilización
Corte (Corte)	33,5%
Corte (Punta contrafuerte / Plantilla)	43,0%
Rayado y Destallado	79,3%
Aparado	100,0%
Montaje	31,0%
Empastado	51,7%
Armado	34,7%
Preparado de planta	44,1%
Rayado y Cardado	23,3%
Pegado de planta	75,1%
Terminado y Empaquetado	70,6%

3.4. Manufactura ajustada para el mejoramiento del proceso productivo de calzado ortopédico

Las organizaciones en crecimiento usualmente tienen un momento crítico durante esta transición, por lo que es normal la existencia de despilfarros en los procesos productivos, lo que conlleva a un desaprovechamiento de recursos. La empresa de calzado ortopédico LIWI es analizada mediante esta filosofía de MA, la cual ayudara a identificar estos despilfarros.

3.4.1. Herramienta de diagnóstico: VSM actual

Una vez determinado el producto a estudiar y la información de este, se dibuja el VSM actual. Comenzando con el cálculo del Takt time, donde el *tiempo disponible por periodo* dentro de la empresa LIWI son ocho horas al día, 20 días al mes, por lo tanto:

$$\text{Tiempo disponible mensual} = 8h * 20 \text{ días} = 160h = 9600 \text{ min/mes}$$

La *demanda por periodo del cliente* fue tomada del último año que se trabajó sin inconvenientes 2019, en promedio las ventas fueron de 558 pares mensuales, pero ya que los valores mensuales tienen una gran diferencia no se considera el valor promedio de ventas, por lo que se realiza un análisis mediante la información suministrada por el área de ventas, la cual concluye que la demanda promedio es igual a los 650 pares

mensuales debido a que existen meses los cuales la demanda supera los 800 pares necesitando horas extras e incluso aparadores externos para cumplir con la demanda.

Obtenido el valor del tiempo disponible mensual y la demanda mensual, estos datos se rempazan en la Ecuación (4).

$$Takt\ time = \frac{9600\ min/mes}{650\ pares/mes} = 14,76\ min/par$$

Posteriormente, se calcula el tiempo de inventarios entre procesos de producción mediante la Ecuación (7).

$$tiempo\ de\ inventario = \frac{cantidad\ de\ inventario\ disponible}{demanda\ diaria} \quad (7)$$

Siendo la *cantidad de inventario disponible* el inventario que se encuentra entre procesos, y la *demanda diaria* = $\frac{650\ pares}{mes} * \frac{mes}{20\ dias} * \frac{dia}{8\ horas} = 4,06 \frac{pares}{hora}$

Remplazando este valor de demanda diaria, para cada inventario de la cadena de valor se obtiene la Tabla 15 que muestra el tiempo de almacenamiento que toma la fabricación de calzado ortopédico desde la entrega de insumos hasta el empackado y distribución al cliente es de 109,61 horas, el cual muestra el tiempo total que no agrega valor (tiempos de inventarios), al cual se suma el tiempo que agrega valor (tiempo de procesamiento) 94,23 min, para determinar el Lead time siendo de 6670,58 minutos, como indica la Figura 35.

Tabla 15 Tiempos de inventario

	Actividad	Cantidad	Tiempo (h)
1	Almacenar materia prima	250	61,58
2	Almacenar piezas	35	8,62
3	Almacenar tafilete junto a espuma y sintético	35	8,62
4	Almacenar punta y contrafuerte	0	0,00
5	Almacenar piezas codificadas	35	8,62
6	Almacenar zapato aparado	60	14,78
7	Almacenar zapato empastado	0	0,00
8	Almacenar zapato armado	0	0,00
9	Almacenar producto terminado	30	7,39
Total			109,61 h

3.4.2. Identificación de desperdicios

Se clasifican las actividades de todos los procesos que generen y no generen valor al producto final según el desperdicio identificado como se muestra en el Anexo 6. La Tabla 16 presenta el resumen de dicha matriz con los siguientes resultados.

Tabla 16 Resumen de desperdicios

Desperdicio	Cantidad
Sobreproducción	0
Sobreprocesos	14
Inventarios	15
Transportes innecesarios	18
Movimientos innecesarios	24
Artículos defectuosos	1
Esperas	0
Desaprovechamiento talento humano	5
Mala gestión de información	3
Mala calidad del proveedor	4
Total	84

Cabe aclarar que no se evidencia sobreproducción debido a que la empresa se maneja bajo estrategia de producción bajo pedido semanal. A través de la directa observación de cada uno de los procesos productivos se consigue identificar los desperdicios generados para la producción del zapato ortopédico estudiado, a partir de esto se tomarán en cuenta los que mayor causan impacto dentro del procesos productivos a través de un diagrama de Pareto mostrado en el Anexo 8, obteniendo el diagrama como se observa en la Figura 34.



Figura 34. Diagrama de Pareto del impacto de desperdicios identificados

Los *sobrepuestos* dentro de la cadena de valor son actividades que no agregan valor y están agregadas por demás como son buscar herramientas (martillos, brochas, tijeras, lápices, agujas, tizas, saca hormas, etc.) y materiales (pegamento, cambiones, plantas, forros, esponjas, ortesis, cajas de empaque entre otros), revisiones generales, ordenar materiales, etc. En cuanto a los *inventarios* existen actividades dentro de los procesos los cuales generan una gran acumulación de productos entre actividades, subprocesos y procesos, acaparando el poco espacio que existe entre estaciones de trabajo afectando a la producción y los trabajadores directamente.

La *distribución actual de la planta* permite que exista gran cantidad de trasportes que no agreguen valor como es la materia prima, personal, material, herramientas, etc. agregando tiempos y recorridos innecesarios al producto final.

De la misma forma los *movimientos innecesarios* se evidencian al no contar con puestos de trabajo con espacios amplios por lo tanto obligando a los trabajadores a buscar herramientas, insumos y materiales

El *desaprovechamiento del talento humano* de la misma forma es considerado un desperdicio dentro de los lineamientos de MA, al no aprovechar al máximo las competencias, fortalezas y creatividad de cada uno de sus trabajadores en el mejoramiento del proceso productivo, generalmente sucede al no existir una constante comunicación entre contratante y trabajadores.

Una *mala gestión de la información* de la misma forma es considerada de gran importancia, ya que la empresa se maneja por órdenes de trabajo, un mal manejo de datos o errores en los mismos pueden generar pérdidas, así como de tiempo de entrega y costos de insumos mal utilizados.

Por último, la *mala calidad del proveedor*, hay varios factores importantes al establecer los costos por materia prima e insumos como son los tiempos de abastecimiento, transporte, cantidades acordadas y la calidad de estos, además de existir temporadas y épocas de escases o exceso priorizando los costos o calidad, afectando directamente al producto, y generar un desconforme o rechazo del cliente final.

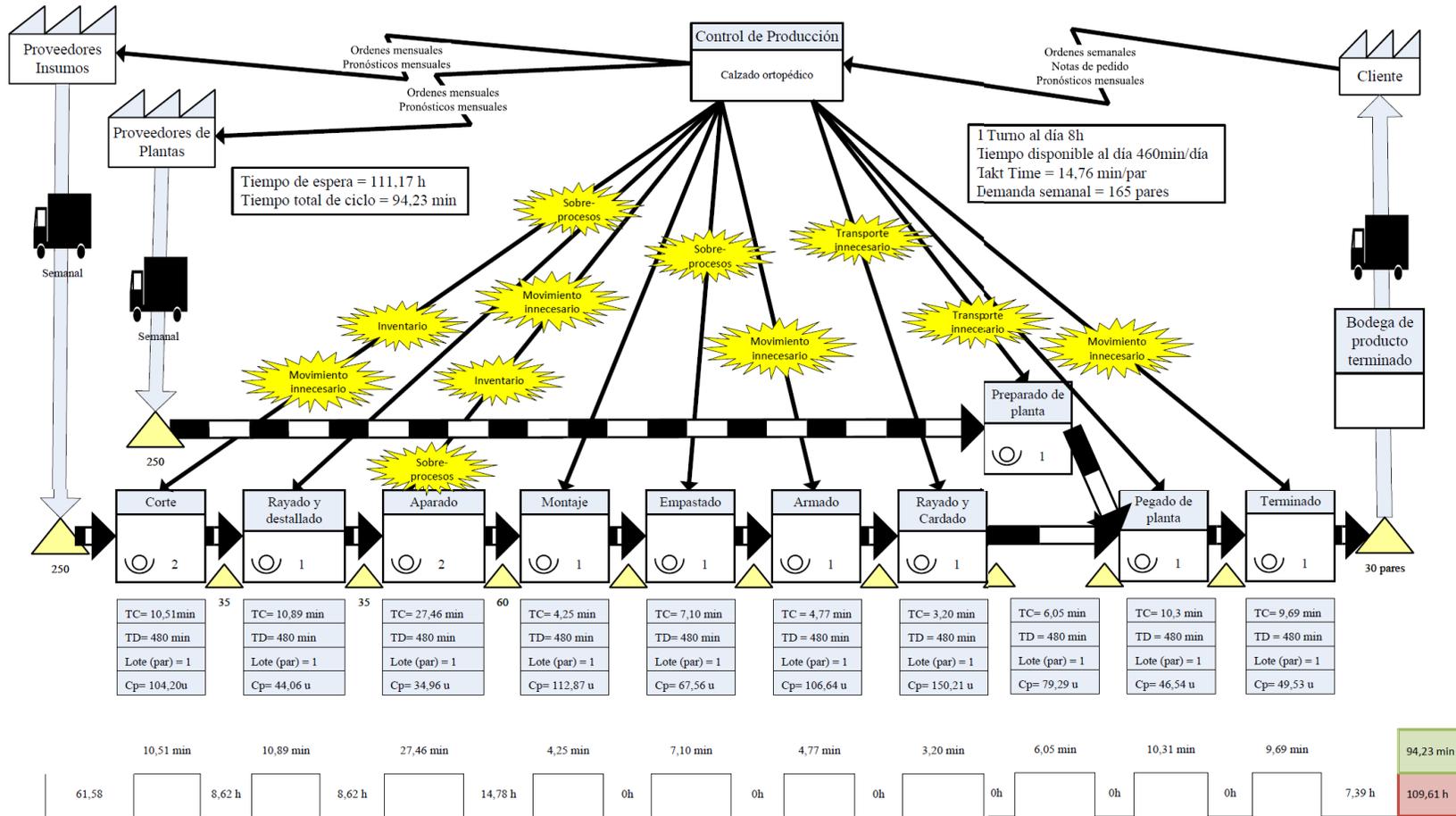


Figura 35. Identificación de desperdicios VSM Actual

Ratio de valor agregado (RVA)

Para el cálculo de este indicador de producción, el cual refleja en una proporción el tiempo que un par o pieza está dentro de la línea de producción sin que aporte algún valor (NVA) como son trasportes, inspecciones, almacenajes, etc, en comparación con el tiempo que, si agrega valor (VA) como son las actividades que el cliente está dispuesto a pagar y valora, siendo la suma de tiempos de ciclo de máquinas y procesos manuales.

Se realiza un análisis de todas las actividades inmersas en la fabricación de calzado ortopédico como se observa en el Anexo 7, dando como resultado la Tabla 17 que detalla de forma resumida la cantidad y porcentaje de tiempos que agregan y no agregan valor sobre la cadena de producción.

Tabla 17 Resumen de tiempos VA y NVA

Subproceso	Tiempo Total seg/u	Tiempo VA	% VA	Tiempo NVA	% NVA
Almacenamiento MP	886,75	0,00	0,00	886,75	100,00
Corte	1036,47	144,89	13,98	891,58	86,02
Corte de plantillas	1015,84	126,57	12,46	889,27	87,54
Punta y contrafuerte	37,36	14,96	40,04	22,40	59,96
Rayado	177,88	177,88	100,00	0,00	0,00
Destallado	1150,46	222,22	19,32	928,24	80,68
Aparado de talón	219,85	219,85	100,00	0,00	0,00
Aparado de cuello	172,23	172,23	100,00	0,00	0,00
Aparado de capellada	361,59	360,90	99,81	0,69	0,19
Aparado de lengüeta	174,51	174,51	100,00	0,00	0,00
Aparado de plantilla	1009,56	117,43	11,63	892,13	88,37
M. de talón	121,16	121,16	100,00	0,00	0,00
M. de punta	65,24	65,24	100,00	0,00	0,00
Preparar horma	213,97	213,97	100,00	0,00	0,00
Empastado	102,68	97,42	94,88	5,26	5,12
A. de punta	85,70	85,70	100,00	85,70	0,00
A. de talón	108,41	105,91	97,69	2,50	2,31

Tabla 17 Resumen de tiempos VA y NVA (continuación)

Subproceso	Tiempo Total seg/u	Tiempo VA	% VA	Tiempo NVA	% NVA
Preparado de planta	203,92	196,60	96,41	7,32	3,59
Rayado	43,36	42,87	98,89	0,48	1,11
Cardado	63,54	63,04	99,20	0,51	0,80
Pegado de planta	452,21	452,21	100,00	0,00	0,00
Terminado empaquetado	1265,41	371,96	29,39	893,44	70,61
Total	8968,08	3547,51	73,35 %	5506,27	26,65 %

El tiempo que toma fabricar un par de zapatos ortopédicos, siendo la unidad analizada desde la bodega de materia prima hasta el terminado del producto final toma 8968,08 seg / 149,47 min de los cuales 5506,27seg / 91,77 min no agregan valor al producto final. El ratio del valor añadido actual encontrado es bajo por lo tanto es necesario aumentar este valor del índice aplicando mejoras dentro de los procesos productivos.

$$RVA = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}}$$

$$RVA = \frac{3547,51 \text{ seg}}{5506,27 \text{ seg}} = 0,64$$

Productividad actual

En base a lo que se puede medir se puede controlar y gestionar una mejora para lo cual se mide la productividad actual, para lo cual se establece todos los costos que envuelven la fabricación del calzado ortopédico desglosado en la Tabla 18.

Tabla 18 Datos para el cálculo de productividad actual

Datos generales		
Producción mensual	650	pares
Producción diaria	35	pares
Horas de trabajo	8	horas
Número de trabajadores	36	trabajadores
Costo de mano de obra mensual	500	\$

Tabla 18 Datos para el cálculo de productividad actual (continuación)

Costo de producción	38,33	\$/u
Precio de venta unitario	67,20	\$
Costos Fijos		
Sueldos	18000	\$
Servicios básicos	489,24	\$
Gastos de comercialización	600	\$
Gastos indirectos	300	\$
Total	19389,24	\$
Costos Variables		
Materia prima	15000	\$
Insumos	2500	\$
Mantenimiento	500	\$
Total	18000	\$

Para determinar la productividad actual se aplica la Ecuación (8) y remplazan los valores obtenidos

$$Productividad = \frac{\# \text{ pares mensuales} * \text{Precio de venta}}{\text{Costos Fijos} + \text{Costos Variables}} \quad (8)$$

$$Productividad = \frac{650 \text{ pares} * 67,20 \$}{19389,24 \$ + 18000 \$}$$

$$Productividad = 1,16$$

Esta productividad actual refleja que la empresa genera ganancias y rentabilidad, aunque se podrá mejorar este índice aplicando MA.

3.4.3. Selección de herramientas de MA

Análisis de herramientas

LIWI se ve en la necesidad de implementar herramientas de MA dentro del proceso productivo para suprimir o eliminar los desperdicios encontrados, por lo que se analiza herramientas para cumplir una propuesta de mejora. Para la selección de herramientas de MA se utiliza la metodología AHP, la cual establece un modelo jerárquico para formar una solución a varios problemas [67].

La metodología AHP se desarrolla de la siguiente manera:

1. Definir un objetivo que identifique el propósito.
2. Escoger los criterios que pueden ser mejores que otras alternativas.
3. Enlistar las alternativas que se desean comparar o priorizar.

Selección de criterios. - Los criterios para a ser seleccionados son definidos de acuerdo con las necesidades de la empresa, siendo los siguiente:

- Herramientas de MA orientadas a la eliminación de desperdicios.
- Mejoramiento de la calidad
- Relación costo-facilidad
- Herramientas para la identificación de fallas

Selección de alternativas. – Las alternativas utilizadas son las técnicas de MA listadas a continuación:

5S. - Mejora el ambiente laboral y condiciones del trabajo, mediante la organización, orden, estandarización y limpieza en el puesto de trabajo. Beneficios:

- Incrementación de productividad y eficiencia
- Reducción y eliminación de movimientos
- Crea mayor seguridad laboral
- Incrementa calidad del producto

SMED. – Disminuye los tiempos de preparación o de cambios de maquinaria. Beneficios:

- Reducción de tiempo de ciclo
- Reducción de reprocesos
- Aumenta la calidad del producto
- Disminución de productos defectuosos

Jidoka. – Incorpora sistemas de control y detección de errores, por los operarios o maquinas. Beneficios:

- Reducción de inventarios

- Eliminación de cuellos de botella
- Flexibilidad de producción

Estandarización de procesos. - Busca la elaboración de instrucciones escritas, normas, o procedimientos gráficos que muestren el mejor método para realizar las cosas. Beneficios:

- Elimina inventarios
- Reduce trasportes y movimientos innecesarios
- Mejora el flujo de material

Poka Yoke. – Es un sistema a prueba de errores el cual identifica la falla o error antes de continuar con el siguiente proceso. Beneficios:

- Elimina defectos
- Aumenta la calidad del producto
- Disminuyen paradas de producción por lo tanto inventario

Kanban. – Es un sistema de control que consiste en una serie de tarjetas para identificar la necesidad del material. Beneficios:

- Flujo de información normalizado
- Eliminación de inventario
- Aumenta la calidad de producción

Con el objetivo, criterios y alternativas establecidos, se dibuja el diagrama visual de la metodología AHP Figura 36.

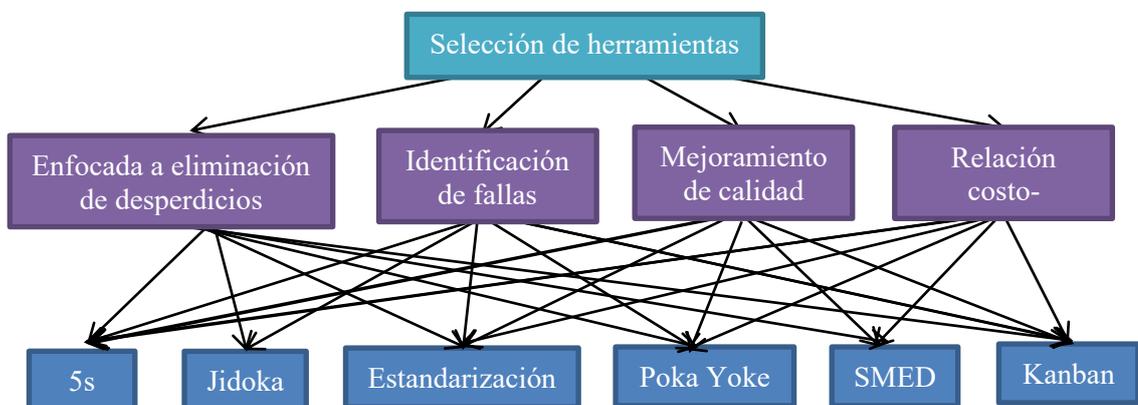


Figura 36. Árbol jerárquico según metodología AHP

Una vez establecidos los criterios y alternativas, se pondera el interés de cada uno de los criterios. Se realizan comparaciones por pares de forma cuantitativa mediante una escala numérica de intensidad como se muestra en la Tabla 19. Las ponderaciones, son establecidas de acuerdo con los intereses de este proyecto y el de la empresa; estas se muestran en el Anexo 9.

Además de realizar las comparaciones se toma en cuenta la inconsistencia de estas comparaciones, para lo cual el software Superdesiccions nos ayuda a medida que son tomadas cada comparación teniendo como resultado una inconsistencia de 0.01039 considerándose aceptable y razonable, como se muestra en las Figura 37. Finalizada las comparaciones, el resultado según los criterios analizados las herramientas seleccionadas son 5s, y SMED como muestra la Figura 38.

Tabla 19 Escala numérica de intensidad

Escala numérica	Escala verbal
1	Misma importancia
2	Poca importancia
3	Importancia moderada
4	Importancia mayor que moderada
5	Importancia fuerte
6	Importancia mayor que fuerte
7	Importancia muy fuerte
8	Importancia realmente fuerte
9	Extrema importancia

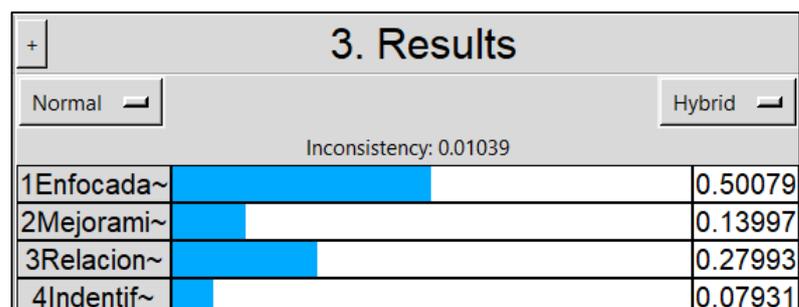


Figura 37. Resultados de inconsistencia del análisis AHP

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
5s		1.000000	0.281603	0.140802
Estand		0.735770	0.207195	0.103598
Jidoka		0.313076	0.088163	0.044082
Kanban		0.340722	0.095949	0.047974
Poka Joke		0.340626	0.095921	0.047961
SMED		0.820900	0.231168	0.115584

Figura 38. Resultados del análisis AHP para toma de decisiones desde Superdecisions

3.4.4. Aplicación de herramientas de MA

Por los favorables resultados obtenidos a las propuestas simuladas de MA, como muestra la simulación presentada más adelante en la Figura 55, se realiza las propuestas parciales dentro de la empresa LIWI.

Herramienta 5s

Como determina en el VSM actual gran parte de los desperdicios son ocasionados por causa de la deficiencia de orden y limpieza en las áreas de trabajo, debido a esto se determina realizar un análisis actual 5s mostrado en el Anexo 10, con cinco parámetros, calificando de forma cualitativa. Al observar los resultados obtenidos de la primera auditoria en la Tabla 20, el nivel de 5s es del 31,1%; con un notorio nivel de Disciplina dando en evidencia el nivel aceptable de prácticas habituales de supervisión y control. Por otro lado, se observar valores inferiores como es el Orden y Limpieza, dando lugar a una carencia de organización sobre herramientas y materiales en los espacios de trabajo.

Tabla 20 Tabulación inicial de 5s

5s	Nota	%
Clasificación	8/30	26.6
Orden	7/30	23.3
Limpieza	9/25	36
Estandarización	8/25	32
Disciplina	10/25	40
Total	42/135	31.1

Capacitación inicial

Para alcanzar los objetivos propuestos de eficacia y eficiencia, se intenta infundir en la conciencia del personal la cultura de mejoramiento continuo, únicamente logrado mediante la utilización de una metodología 5s. Con el objetivo de exponer de forma didáctica al personal que interviene dentro del área operativa, se capacita sobre los fundamentos y definiciones establecidas por las 5s. Esto no solo servirá para que los trabajadores conozcan nuevos procedimientos, más bien para promover un compromiso reflexivo sobre la utilidad y ventajas de mejoramiento no solo del rendimiento de insumos/materiales, sino también del ambiente de trabajo, y por lo tanto para que esta metodología tenga un éxito sostenido en el tiempo. Por estas razones se propone una capacitación como base a la implementación y practica de las 5s como se observa en el Anexo 11.

Aplicación Seri – Clasificación

Ya que se busca la eliminación de elementos innecesarios dentro del área de trabajo como son herramientas, máquinas, equipos, insumos, materiales, etc. Se utiliza el procedimiento de tarjetas rojas, que son utilizadas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles como se muestra en el Anexo 12. Se establece tres fases o pasos para la implementación de la primera s; primero, Identificar y enlistar elementos necesarios, segundo, Retirar elementos innecesarios y tercero, Evaluar cambios. Se usan mediante el siguiente criterio de decisión, Figura 39:

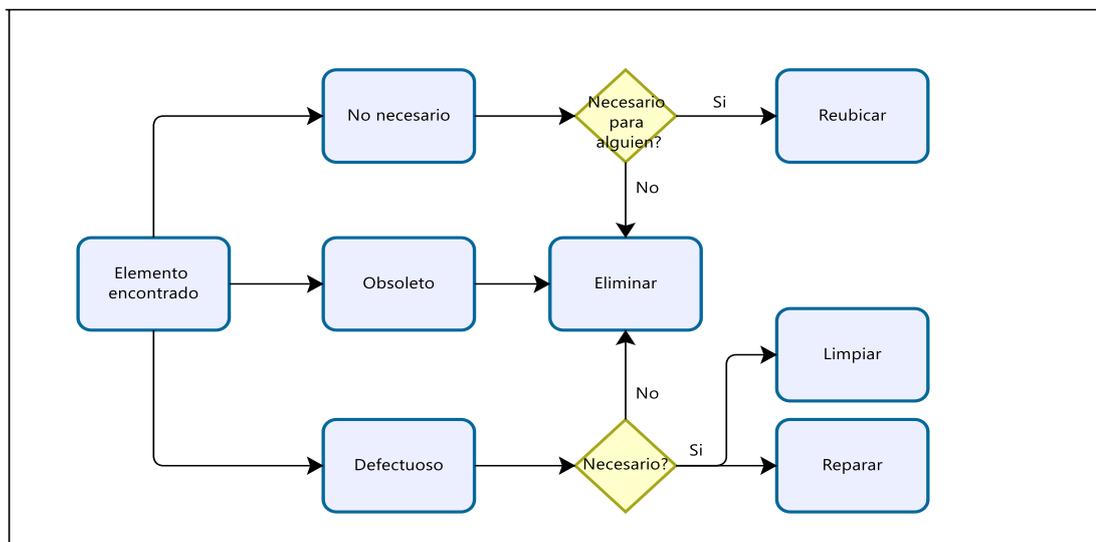


Figura 39. Decisión para implementar tarjetas rojas

Una vez establecido los dos primeros pasos, se colocan las tarjetas rojas en los distintos elementos y artículos encontrados en los diferentes procesos productivos como muestra en la Tabla 21 y como resultado se obtuvieron 52 tarjetas colocadas. Por último, se tabulan los datos obtenidos de todas las tarjetas colocadas, estableciendo un registro de cada una de ellas dentro de cada área como se muestra en el Anexo 13.

Tabla 21 Identificación y colocación de tarjetas rojas

Área	Elementos	Fotografía
Corte	Materia prima Desechos de materia prima Botellas plásticas Fundas plásticas Rotulo Rollo Escoba pala Herramientas 4 máquinas	
Rayado y Destallado	Desechos de materia prima Racks y canastas	
Aparado	Desechos de materia prima Materia prima Herramientas Insumos Racks y canastas	

Tabla 21 Identificación y colocación de tarjetas rojas (continuación)

Área	Elementos	Fotografía
Montaje	Herramientas Residuos de materia prima Materia prima Insumos	
Empastado	Herramientas Desechos de materia prima Racks y canastas Hormas	
Armado	Herramientas Máquina de pasadores Rack y canastas Estante	
Preparado de planta	Botes de pegamento Residuos de materia prima Desechos fundas plásticas Racks y canastas Herramientas	

Tabla 21 Identificación y colocación de tarjetas rojas (continuación)

Área	Elementos	Fotografía
Rayado y Cardado	Residuos de materia prima Materia prima Plantas Guantes Fundas plásticas Basuras materiales dañados Máquina retiladora	
Pegado de planta	Insumos Herramientas Hormas Cartones Cordones	
Terminado y empaquetado	Herramientas Máquina abrillantadora Máquina cepilladora Productos terminados Materiales de limpieza	

Identificados todos y cada uno de los elementos innecesarios en todos los procesos productivos dentro del área de producción, se convierte en actividades más sencillas resolver el problema de clasificación y aplicar Seiri, enfocándose en las acciones correctivas para cada tarjeta colocada, como muestra la Figura 40 y 41.



Figura 40. Antes de proponer Seiri

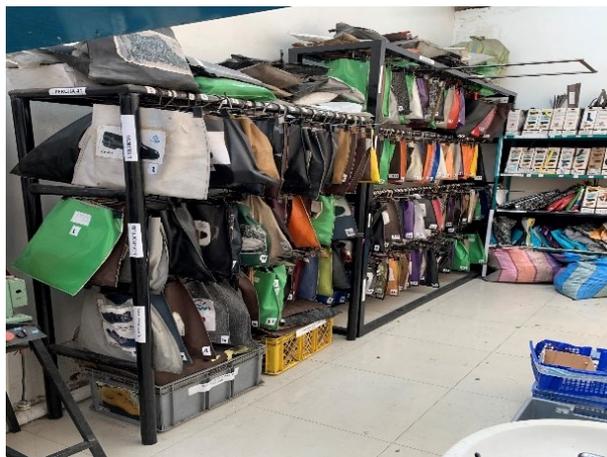


Figura 41. Después de proponer Seiri

Aplicación Seiton – Ordenar

Ya que es imposible estandarizar sin organizar se continua con el ordenamiento de todo y cada uno de los elementos necesarios para la ejecución de las actividades, estableciendo lugares y ubicaciones muy bien definidas, con el objetivo de reducir esfuerzo, transportes y tiempos de búsqueda de las herramientas e insumos y así mismo para el retorno de los mismo a su lugar de origen, de tal modo que sean de fácil acceso para su eficiente y oportuno empleo.

Para ejecutar Seiton se sigue los siguientes pasos: Ordenar y estandarizar, señalar y por último evaluar. Para lo cual se establecen las reglas básicas utilizadas para ordenar mostradas en la Tabla 22.

Tabla 22 Reglas para ordenar

Frecuencia de uso	Acción correctiva
Ninguna	Eliminar del área
Cada hora	Junto al trabajador
Varias veces al día	Cerca del trabajador
Varias veces por semana	Dentro del área de trabajo
Alguna vez al año o para limpieza	Dentro de un almacén

Por consiguiente, ya establecidas las frecuencias con las que interactúa el trabajador y su entorno, se implementa la señalización del lugar correcto para cada objeto indispensable para la función productiva, siendo de rápida visualización y ubicación. Además, de la recepción de propuestas por parte de los trabajadores.

Dentro de la fase de señalización se delimita el perímetro de las áreas de trabajo mediante líneas en el piso para resaltar ubicaciones de pasillos, maquinas, áreas, etc. De la misma forma con el objetivo de delimitar lugares y ubicaciones de herramientas, insumos y equipos se coloca señales y rótulos con símbolos o textos fáciles de identificar.

Una vez realizado los pasos uno y dos, se realiza la evaluación de la segunda s aplicada, mediante un control visual, se podrá evidenciar el mejoramiento de la imagen y utilización de recursos.

Tabla 23 Propuestas de mejora para herramientas

Herramientas	
Estado actual	Propuesta
	
<p>Descripción del estado actual:</p> <p>Dentro de los procesos operativos son utilizadas varias herramientas importantes de uso diario para el desarrollo del proceso productivo; por los mismos procesos de fabricación, los trabajadores con frecuencia pierden de vista o no las tienen a la mano, y tienen que buscarlas por toda el área o inclusive en otras áreas.</p>	<p>Descripción de propuesta:</p> <p>Debido a que estas actividades toman demasiado tiempo, retrasan la cadena de producción y crean movimientos innecesarios, se propone un correcto y adecuado lugar para colocar herramientas lo más cercano a los trabajadores, así también como un cinturón porta herramientas para las de uso frecuente y de esta manera el trabajador tenga a disposición rápida y segura las herramientas.</p>

Tabla 24 Propuestas de mejora para inventarios entre procesos

Inventarios entre procesos	
Estado actual	Propuesta
	

Tabla 24 Propuestas de mejora para inventarios entre procesos(continuación)

Inventarios entre procesos	
<p>Descripción del estado actual:</p> <p>Las áreas con mayor inventario dentro del proceso productivo se identificaron como las de aparado, la cual no tiene establecida un lugar específico para el almacenamiento de racks y canastas, por lo que los trabajadores realizan movimientos y tiempos innecesarios en buscar y encontrar el rack en el piso, además esta práctica es considerada de riesgo para los trabajadores que tienen que movilizarse por estos pasillos pequeños con la posibilidad de accidentarse</p>	<p>Descripción de propuesta:</p> <p>Se propone a este tipo de inconveniente la adquisición de una estante porta racks rodante o fijo para que puedan ser visualizados las ordenes con cada rack y puedan encontrarse en un lugar seguro y lo más importante puedan ser identificados con mayor facilidad evitando tiempos y movimientos innecesarios.</p>

Tabla 25 Propuestas de mejora para equipos de limpieza

Equipos de limpieza	
Estado actual	Propuesta
	
<p>Descripción del estado actual:</p> <p>Los elementos de aseo y limpieza son indispensables dentro del área operativa por los desechos que se forman durante la jornada laboral, pero si no les los</p>	<p>Descripción de propuesta:</p> <p>Se propone destinar un espacio adecuado para su almacenaje en sitios cercanos a las áreas donde mayores residuos son generados como el área de corte,</p>

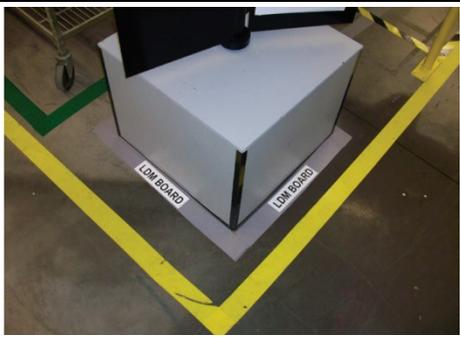
Tabla 25 Propuestas de mejora para equipos de limpieza (continuación)

Equipos de limpieza	
<p>ordena ni están disponibles y no son de fácil acceso en todo momento no se puede crear una apropiada cultura de limpieza. Se observa que en cada puesto de trabajo los equipos de limpieza básicos casi nunca están en un solo sitio durante la jornada laboral siendo objeto de desorden dentro de cada área.</p>	<p>destallado, aparado y cardado, sin limitar el paso de los trabajadores, además de su respectiva señalización para la identificación de los mismo y el retorno a su lugar creando un respectivo orden para los equipos de limpieza, siendo de gran importancia para la siguiente “s” Seiso.</p>

Tabla 26 Propuestas de mejora para señalización

Señalización de áreas y puestos de trabajo	
Estado actual	Propuesta
	
<p>Descripción del estado actual:</p> <p>La planta de producción estos últimos años ha cambiado por decisiones de gerencia las áreas y puestos de trabajo, por lo que la señalización y delimitación de cada ubicación de elementos esta desactualizada. No existe un control visual el que permita identificar las distintas ubicaciones con facilidad cada área y punto de almacenamiento para cualquier trabajador nuevo que intente encontrar insumo, elementos sin esfuerzo.</p>	<p>Descripción de propuesta:</p> <p>Por lo que se propone establecer nuevas señaléticas de las áreas de trabajo y sitios de almacenamiento como son herramientas, lugares de desechos, equipos de limpieza, etc.</p> <p>Mejorando los tiempos de respuesta de los trabajadores experimentados y nuevos en la búsqueda de elementos dentro de cada área, por lo tanto, reduciendo tiempos y movimientos al identificar con mayor facilidad cada área y punto de almacenamiento.</p>

Tabla 27 Propuesta de mejora para la delimitación de superficies

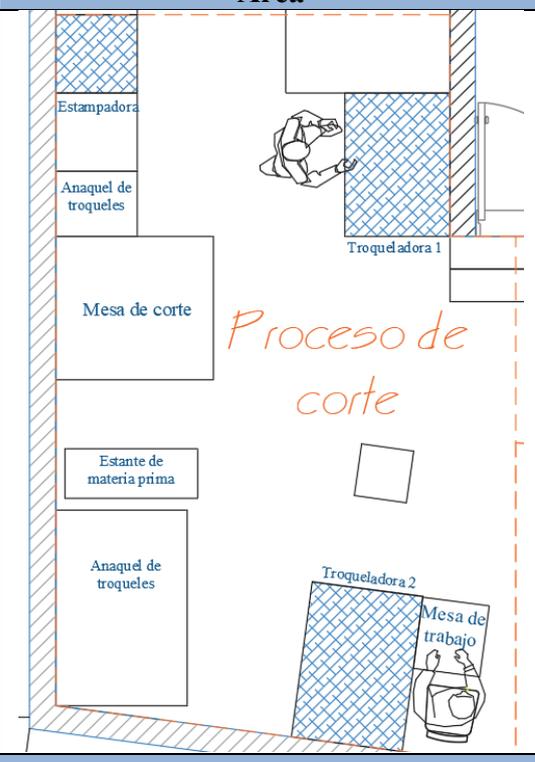
Delimitación de superficies de trabajo	
Estado actual	Propuesta
	
<p>Descripción del estado actual:</p> <p>Las áreas se encuentran con una limitación desactualizada o sin ninguna delimitación de los procesos, creando desorden con mayor facilidad provocando retrasos y movimientos innecesarios; una fácil identificación de cada estación de trabajo es de gran importancia ya que se delimitan y separan mesas, maquinaria de trabajo y a los operarios, permitiéndoles desarrollar sus actividades más cómodamente y sin ningún riesgo de sufrir accidentes.</p>	<p>Descripción de propuesta:</p> <p>Se propone para una excelente organización de puestos, áreas y estaciones de trabajo la delimitación mediante cintas pegadas en el piso de la planta, creando una ayuda visual del desplazamiento dentro de la planta, liberando bloqueos de pasillos y por lo tanto sin riesgos de accidentes laborales.</p>

Aplicación Seiso – Limpieza

Para complementar Seiton-ordenar se propone la aplicación de Seiso-limpieza, esto consta de limpiar y mantener limpio las áreas de trabajo, herramientas, máquinas, corredores, pasillos, y bodegas, libres de polvo y suciedad. Esta fase no es simplemente una simple practica de desempolvar, esta técnica parte del concepto de la verificación del estado de pulcritud del ambiente; es decir, establecer un ambiente saludable, un bienestar físico y mental.

Se siguen los siguientes pasos: primero, planificar la limpieza, segundo, elaborar un plan de limpieza, tercero, implementar el plan de limpieza y por último realizar una evaluación. Se comienza con la planificación de la limpieza, para lo que se debe formar equipos de trabajo con líderes para cada uno, y asegurar una buena ejecución como se observa en el Anexo 14 plan de limpieza. A continuación, se crea un pequeño procedimiento de limpieza, este es un documento físico para cada trabajador, lo que ayudara a recordar una correcta secuencia con acciones específicas, como se muestra en la Tabla 28; los demás procedimientos de limpieza para cada área se muestran en el Anexo 15. Además, estos horarios fijos para la limpieza deben ser considerados como trabajos dentro de las competencias del trabajador.

Tabla 28 Procedimiento de limpieza para el área de corte

LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de Corte			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Limpiar mesas de trabajo con una franela		
2	Limpiar anaqueles de troqueles		
2	Recoger restos de materiales de máquinas troqueladoras		
3	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
4	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
5	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 1 y 2			

Por último, se evalúa de forma visual los resultados obtenidos luego de aplicar la tercera s, mediante un control visual se evidencia el mejoramiento de la imagen y limpieza de cada área de trabajo mostraba en la Tabla 29.

Tabla 29 Estado actual vs estado propuesto Seiso

Estado actual	Propuesta
Corte	
	
Estado actual	Propuesta
Destallado	
	

Tabla 29 Estado actual vs estado propuesto Seiso (continuación)

Estado actual	Propuesta
Aparado	
	
Estado actual	Propuesta
Montaje	
	
	

Tabla 29 Estado actual vs estado propuesto Seiso (continuación)

Estado actual	Propuesta
Empastado	
	
Estado actual	Propuesta
Cardado	
	
Estado actual	Propuesta
Terminado	
	

Aplicación Seiketsu – Estandarización

Ya aplicadas las anteriores s, esta fase se enfoca en establecer rutinas para obtener la correcta implementación de estas; para asegurar que las anteriores “s” se realicen de la mejor manera posible, esta estandarización lograra que no haya probabilidad de que se regrese a la condición inicial.

Una gestión visual de las herramientas a través de un solo vistazo el trabajador conoce y recuerda cómo se debe mantener el área de trabajo al inicio y final de cada jornada, además de cómo realizar cada actividad u operación. Al colocar fotografías o pancartas en las paredes se pretende recordar al trabajador la implementación de las 5s y establecer un estándar de trabajo y limpieza.

Dentro de esta fase de estandarización se establecen hábitos que impulsen que los puestos de trabajos sean más limpios y ordenados, para lo que se cumplen con los siguientes pasos:

- Volver a socializar las 5s a mayor detalle y responder dudas que se presentaron durante las anteriores “s”, para lo cual, primero se planifican los siguientes puntos: Planificar una reunión con todos los involucrados tanto del área operativa como administrativa, y por último volver a recordar la importancia que conlleva esta metodología además de responder dudas.
- Asignar responsabilidades asociadas a la ejecución de esta metodología. Se establece un pequeño comité, el cual este encargado del seguimiento y auditoria constante, dicho comité está conformado por (a) gerente propietario el cual tiene la responsabilidad de abastecer de los recursos necesarios y autorización de nuevos cambios, (b) el ingeniero encargado de la producción que tiene la responsabilidad de medir y seguir con los avances implementados de esta metodología, y (b) un trabajador que ayude a dar cumplimiento con las medidas establecidas y dar a conocer los inconvenientes de sus compañeros, retroalimentado al encargado de producción.
- Registrar todo y cada documento establecido anteriormente en cada fase de 5s
- Abastecer de las herramientas a cada trabajador el cual pueda ayudar con información e instrucciones que ayuden a cumplir con las anteriores “s”, como son la facilitación

de tarjetas rojas, manuales de limpieza, planes de limpieza, etc. Todas estas herramientas en lugares visibles en el área de trabajo

- Como último paso, promover la cultura de mejoramiento continuo en la empresa; con el conocimiento otorgado se intenta concientizar a los trabajadores que esta metodología de trabajo no es una obligación, más bien un estilo / cultura que no solo ayuda a la empresa, sino a ellos mismos.

Aplicación Shitsuke – Disciplina

Por último, la quinta “s”, con la cual se procura convertir en hábito todos los estándares establecidos en los cuatro puntos anteriores como son el orden, limpieza en su puesto de trabajo. Esta última etapa es la más difícil de aplicar ya que se debe mantener el interés de los trabajadores en adaptarse a una nueva cultura de autodisciplina y autocontrol a lo largo del tiempo. Para ello es importante mantener motivados a los trabajadores para que esta metodología forme parte de su rutina diaria. Esta fase controla las anteriores “s”, para lo cual se aplica nuevamente una auditoría 5s propuesta mensualmente, así evaluar los objetivos buscados e identificar nuevas acciones correctivas. La Tabla 30 muestra los resultados de ambas auditorías.

Tabla 30 Comparación auditoría 5s inicial vs propuesta

5s	Nota Inicial	Nota propuesta	% actual	% propuesto
Clasificación	8/30	20/30	26.6	66.7
Orden	7/30	19/30	23.3	63.3
Limpieza	9/25	17/25	36	68
Estandarización	8/25	18/25	32	72
Disciplina	10/25	17/25	40	68
Total	42/135	91/135	31.1 %	67.41%



Figura 42. Representación gráfica del % de mejora propuesta de auditoria 5s

Indicadores del cumplimiento 5s

Para la verificación de un grado de cumplimiento a parte de la auditoria mensual, se propone la implementación de indicadores los cuales muestren falencias en las primeras 3s y tomar medidas necesarias. Para lo cual luego del registro de las auditorias se verifique el cumplimiento.

$$Seiri = \frac{\text{Items excedentes}}{\text{Items máximos permitidos}} * 100\%$$

$$Seiton = \frac{\text{Items faltantes o fuera de lugar}}{\text{Items máximos permitidos}} * 100\%$$

$$Seiton = \frac{\text{Items sucios}}{\text{Items máximos permitidos}} * 100\%$$

Para un correcto seguimiento de cada indicador es necesario la documentación semanal de cada área evaluada, mediante las herramientas propuestas en las primeras tres s, como son tarjetas rojas y el registro de estas. Con esto se tendría en cuenta un porcentaje de incumpliendo de las primeras tres s en cada área de producción. El fomento del debido cumplimiento de estas herramientas lograra una excelente disciplina cumpliendo satisfactoriamente la metodología propuesta.

Herramienta SMED

Debido a la gran cantidad de productos ofertados y consecuentemente de los diferentes tipos de procesos de configuración/preparación en máquinas y lotes se aplica la metodología SMED, con el objetivo de identificar sistemáticamente y eliminar el desperdicio mediante la mejora continua, incrementando la flexibilidad en operaciones, siendo esta la clave para reducir los lotes de inventarios entre procesos y por lo tanto mejorando el flujo de producción.

Luego del primer análisis es posible identificar algunos problemas que afectan la calidad y eficiencia del proceso, por lo que los principales problemas registrados fueron: un tiempo excesivo de configuración, una gran cantidad de movimientos del operador, una pobre estandarización de procesos, una alta cantidad de inventarios en stock, y desorganización en el equipamiento y materiales. Para lo cual siguen los siguientes pasos, tomando en cuenta que los primeros cuatro son considerados parte de la etapa preliminar:

Observación inicial – para identificar las herramientas usadas en el proceso, las ubicaciones donde el operador las coloca y otros aspectos que envuelven el proceso.

Diálogos con el operador – para identificar los problemas potenciales en el proceso

Grabación – para registrar todos los movimientos y operaciones durante el proceso

Elaboración de un diagrama de secuencia – para describir y registrar la duración de cada operación, así como las distancias recorridas por el operador y lograr clasificar el tipo de actividad

Aplicación de la etapa 1 del SMED – identificar las actividades internas y externas

Aplicación de la etapa 2 del SMED – convertir las actividades internas en externas

Aplicación de la etapa 3 del SMED – optimizar las actividades internas y externas

Análisis de resultados – analizar los resultados obtenidos y verificar el impacto de la metodología implementada.

Etapa 1 del SMED. Identificar actividades internas y externas con sus respectivos tiempos y determinar si son operaciones internas y externas como describen las Tablas 31 y 32

Tabla 31 Operaciones para el preparado de lote

Operaciones de preparado de lote					
Identificación de actividades		Símbolo de operación	Operación		
No.	Actividades		Tiempo (seg)	Interna	Externa
Corte 1 y 2					
1	Revisa orden de producción	●	12,92	X	
2	Toma cuchillas de bodega	➔	84,96	X	
3	Prepara cuchillas	●	34,10	X	
4	Busca modelos	➔	11,84	X	
5	Toma modelos seleccionados	●	46,83	X	
6	Regresa a mesa de corte	➔	10,31	X	
7	Toma troqueles	●	31,72	X	
8	Encera troqueles	●	46,45	X	
9	Coloca y revisa el cuero sobre mesa troqueladora o mesa de corte	●	9,67	X	
Total			288,8		
Rayado y Destallado					
10	Revisa orden de producción	■	13,72	X	
11	Desplazamiento a bodega de materiales	➔	43,18	X	
12	Solicita pintura	●	147,70	X	
13	Desplazamiento a mesa de trabajo	➔	44,68	X	
14	Toma y coloca pinturas en recipiente	●	21,14	X	
15	Revisar cortes y coloca en mesa	●	34,80	X	
Total			305,22		
Aparado					
16	Revisa orden de producción	■	12,27	X	
17	Revisa piezas destalladas	■	25,18	X	
18	Desplazamiento a bodega de materiales	➔	52,01	X	
19	Solicita insumos (pegamento, hilo, agujas)	●	167,70	X	
20	Desplazamiento a mesa de trabajo	➔	55,36	X	
21	Colca pegamento en recipiente	●	30,77	X	
Total			343,29		

Tabla 31 Operaciones para el preparado de lote (continuación)

Operaciones de preparado de lote					
Identificación de actividades		Símbolo de operación	Operación		
No.	Actividades		Tiempo (seg)	Interna	Externa
Empastado					
22	Revisa orden de producción	■	8,65	X	
23	Selecciona hormas	●	21,03	X	
24	Desplazamiento a tomar pasadores, pegamento en bodega	➔	150,47	X	
25	Colocación de pegamento en recipiente	●	19,26	X	
Total			199,41		

Tabla 32 Operaciones para el preparado de máquinas

Operaciones de preparado de máquina					
Identificación de actividades		Símbolo de operación	Operación		
No.	Actividades		Tiempo (seg)	Interna	Externa
Corte 1 y 2					
1	Revisa orden de producción	●	15,6	X	
2	Enciende troquel	●	3,23	X	
3	Inspección de presión actual	■	16,89		X
4	Regula presión de trabajo	●	7,58		X
5	Regula altura de troquel	●	8,30	X	
Total			51,6		
Destallado					
6	Revisa orden de producción	■	12,76	X	
7	Enciende destalladora	●	4,91	X	
8	Da filo a cuchillas	●	47,58		X
9	Calibrado para doblado	●	6,89	X	
10	Calibrado para achaflanado	●	7,30	X	
Total			79,44		
Aparado cuello					
11	Retira hilos del lote terminado	●	21,17	X	
12	Retirar carrete anterior	●	3,34	X	
13	Colocar nuevo carrete	●	8,49	X	
14	Busca desarmador de aguja	●	2,5	X	
15	Desajusta y retira aguja sin punta	●	3,82	X	
16	Coloca y ajusta nueva aguja	●	7,13	X	
17	Pasa nuevo hilo por tramas y aguja	●	18,09	X	
18	Enciende máquina	●	2,21	X	
19	Revisa la trama de hilos	■	4,84	X	
Total			53,47		

Tabla 32 Operaciones para el preparado de máquinas (continuación)

Operaciones de preparado de máquina					
Identificación de actividades		Símbolo de operación	Operación		
No.	Actividades		Tiempo (seg)	Interna	Externa
Aparado talón					
20	Toma desarmador	●	2,25	X	
21	Desajusta sujetador de agujas	●	3,52	X	
22	Coloca 2da aguja	●	3,19	X	
23	Ajusta la aguja con destornillador	●	2,53	X	
24	Toma hilos y pasa por trama	●	15,68	X	
25	Pasa hilo por 2da aguja	●	3,76	X	
26	Retira carrete usado	●	4,10	X	
27	Busca nuevo carrete	●	2,41	X	
28	Carga nuevo carrete	●	4,91	X	
29	Coloca nuevo carrete	●	3,18	X	
30	Enciende máquina	●	2,49	X	
31	Revisa la trama de hilos	■	5,45	X	
Total			74,68		
Aparado de capellada					
32	Retira hilos del lote terminado	●	23,36	X	
33	Retirar carrete anterior	●	3,65	X	
34	Colocar nuevo carrete	●	4,24	X	
35	Retira carrete de doble hilo	●	5,54	X	
36	Busca desarmador de aguja	●	2,33	X	
37	Desajusta y retira aguja sin punta	●	3,88	X	
38	Coloca y ajusta nueva aguja	●	6,54	X	
39	Pasa nuevo hilo por tramas y aguja	●	17,88	X	
40	Enciende máquina	●	2,93	X	
41	Revisa la trama de hilos	■	4,33	X	
Total					
Armado					
42	Enciende máquina formadora de puntas	●	2,69	X	
43	Revisa orden de producción y tipo de horma	■	9,73	X	
44	Desplaza a tomar horma modelo	➡	6,05	X	
45	Selecciona horma	●	32,17	X	
46	Vuelve a puesto de trabajo	➡	7,32	X	
47	Coloca horma en máquina armadora	●	3,21	X	
48	Regula pinzas de sujeción	●	29,46	X	
49	Retira horma modelo	●	2,29	X	
50	Lleva la horma a su sitio	➡	5,90	X	
51	Coloca horma en sitio	●	3,22	X	
52	Vuelve a puesto de trabajo	➡	5,72	X	
Total			107,76		

Etapa 2 del SMED. Al analizar los tipos de operaciones se determina en convertir las operaciones internas en externas realizando un tallado de las operaciones internas como referencia al debido cambio, disminuyendo el tiempo de preparación de lote y de máquina como se observa en la Tabla 33 y 34

Tabla 33 Transformación de operaciones internas en externas preparado de lote

Operaciones de preparado de lote						
Identificación de actividades		Tiempo		Tipo		Aplicación propuesta
No.	Actividades	Antes	Después	Int.	Ext.	
Corte 1 y 2						
1	Revisa orden de producción	12,92	12,92	X		
2	Toma cuchillas de bodega	84,96	13,6	✗	X	Instalar anaquel con herramientas básicas
3	Prepara cuchillas	34,10	0	✗	X	Puede realizarlo otro trabajador
4	Busca modelos	11,84	11,84	X		
5	Toma modelos seleccionados	46,83	46,83	X		
6	Regresa a mesa de corte	10,31	5,2	✗	X	Colocar más cerca modelos
7	Toma troqueles	31,72	31,72	X		
8	Encera troqueles	46,45	0	✗	X	Puede realizarlo otro trabajador
9	Coloca y revisa el cuero sobre mesa troqueladora o mesa de corte	9,67	9,67	X		
Total		288,8	131,78			

Tabla 33 Transformación de operaciones internas en externas preparado de lote (continuación)

Operaciones de preparado de lote						
Identificación de actividades		Tiempo		Tipo		Aplicación propuesta
No.	Actividades	Antes	Después	Int.	Ext.	
Rayado y Destallado						
10	Revisa orden de producción	13,72	13,72	X		
11	Desplazamiento a bodega de materiales	43,18	8,6	✗	X	Instalar anaquel con pinturas
12	Solicita pintura	147,7	7,3	✗	X	No se realizaría esta actividad
13	Desplazamiento a mesa de trabajo	44,68	0	✗	X	No se realizaría esta actividad
14	Toma y coloca pinturas en recipiente	21,14	21,14	X		
15	Revisar cortes y coloca en mesa	34,80	16,1	✗	X	Implementar señalética en cada rack
	Total	305,22	66,86			
Aparado						
16	Revisa orden de producción	12,27	12,27	X		
17	Revisa piezas destalladas	25,18	12,6	✗	X	Implementar señalética en cada rack
18	Desplazamiento a bodega de materiales	52,01	20,8	✗	X	Instalar anaquel con insumos
19	Solicita insumos (pegamento, hilo, agujas)	167,70	0	✗	X	No se realizaría esta actividad
20	Desplazamiento a mesa de trabajo	55,36	0	✗	X	No se realizaría esta actividad
21	Colca pegamento en recipiente	30,77	30,77	X		
	Total	343,29	76,44			
Empastado						
22	Revisa orden de producción	8,65	8,65	X		
23	Selecciona hormas	21,03	6,9	✗	X	Implementar señalética en cada rack
24	Desplazamiento a tomar pasadores, pegamento en bodega	150,47	35,4	✗	X	Instalar anaquel con insumos
25	Colocación de pegamento en recipiente	19,26	19,26	X		
	Total	199,41	70,21			

Tabla 34 Transformación de operaciones internas en externas preparado de máquinas

Operaciones de preparado de máquina						
Identificación de actividades		Tiempo		Tipo		Aplicación propuesta
No.	Actividades	Antes	Después	Int.	Ext.	
Corte 1 y 2						
1	Revisa orden de producción	15,6	15,6	X		
2	Enciende troquel	3,23	3,23	X		
3	Inspección de presión actual	16,89	16,89		X	
4	Regula presión de trabajo	7,58	7,58		X	
5	Regula altura de troquel	8,30	8,3	X		
	Total	51,6	51,6			
Destallado						
6	Revisa orden de producción	12,76	12,76	X		
7	Enciende destalladora	4,91	4,91	X		
8	Da filo a cuchillas	47,58	47,58		X	
9	Calibrado para doblado	6,89	3	✗	X	Colocar etiquetas con los parámetros fijos de calibración de la máquina destalladora
10	Calibrado para achaflanado	7,30	3	✗	X	
	Total	79,44	71,25			
Aparado cuello						
11	Retira hilos del lote terminado	21,17	21,17	X		
12	Retirar carrete anterior	3,34	3,34	X		
13	Colocar nuevo carrete	8,49	8,49	X		
14	Busca desarmador de aguja	2,5	1	✗	X	Colocar lo más cercano y visible herramienta
15	Desajusta y retira aguja sin punta	3,82	3,82	X		
16	Coloca y ajusta nueva aguja	7,13	7,13	X		
17	Pasa nuevo hilo por tramas y aguja	18,09	18,09	X		
18	Enciende máquina	2,21	2,21	X		
19	Revisa la trama de hilos	4,84	4,84	X		
	Total	71,59	70,09			

Tabla 34 Transformación de operaciones internas en externas preparado de máquinas (continuación)

Operaciones de preparado de máquina						
Identificación de actividades		Tiempo		Tipo		Aplicación propuesta
No.	Actividades	Antes	Después	Int.	Ext.	
Aparado talón						
20	Toma desarmador	2,25	1	✗	X	Colocar lo más cercano y visible herramienta
21	Desajusta sujetador de agujas	3,52	3,52	X		
22	Coloca 2da aguja	3,19	3,19	X		
23	Ajusta la aguja con destornillador	2,53	2,53	X		
24	Toma hilos y pasa por trama	15,68	15,68	X		
25	Pasa hilo por 2da aguja	3,76	3,76	X		
26	Retira carrete usado	4,10	4,1	X		
27	Busca nuevo carrete	2,41	2,41	X		
28	Carga nuevo carrete	4,91	4,91	X		
29	Coloca nuevo carrete	3,18	3,18	X		
30	Enciende máquina	2,49	2,49	X		
31	Revisa la trama de hilos	5,45	5,45	X		
Total		53,47	52,22			
Aparado de capellada						
32	Retira hilos del lote terminado	23,36	23,36	X		
33	Retirar carrete anterior	3,65	3,65	X		
34	Colocar nuevo carrete	4,24	4,24	X		
35	Retira carrete de doble hilo	5,54	5,54	X		
36	Busca desarmador de aguja	2,33	1	✗	X	Colocar lo más cercano y visible herramienta
37	Desajusta y retira aguja sin punta	3,88	3,88	X		
38	Coloca y ajusta nueva aguja	6,54	6,54	X		
39	Pasa nuevo hilo por tramas y aguja	17,88	17,88	X		
40	Enciende máquina	2,93	2,93	X		
41	Revisa la trama de hilos	4,33	4,33	X		
Total		74,68	73,35			

Tabla 34 Transformación de operaciones internas en externas preparado de máquinas (continuación)

Operaciones de preparado de máquina						
Identificación de actividades		Tiempo		Tipo		Aplicación propuesta
No.	Actividades	Antes	Después	Int.	Ext.	
Armado						
42	Enciende máquina formadora de puntas	2,69	2,69	X		
43	Revisa orden de producción y tipo de horma	9,73	9,73	X		
44	Desplaza a tomar horma modelo	6,05	2	✗	X	Puede ser realizado por otro trabajador
45	Selecciona horma	32,17	13,5	✗	X	Señalizar cada uno de los anaqueles de hormas
46	Vuelve a puesto de trabajo	7,32	0	✗	X	No se realizará esta actividad
47	Coloca horma en máquina armadora	3,21	3,21	X		
48	Regula pinzas de sujeción	29,46	29,46	X		
49	Retira horma modelo	2,29	2,29	X		
50	Lleva la horma a su sitio	5,90	0	✗	X	Puede ser realizado por otro trabajador
51	Coloca horma en sitio	3,22	0	✗	X	No se realizará esta actividad
52	Vuelve a puesto de trabajo	5,72	0	✗	X	No se realizará esta actividad
Total		107,76	62,88			

La Tabla 35 muestra el resumen de tiempos reducidos en la preparación de lotes y máquinas una vez se aplica el segundo paso del SMED. Estos resultados se reflejan de mejor manera en la Figura 43 comparando la situación actual con la propuesta.

Tabla 35 Comparación de tiempos propuestos por SMED

Procesos	Tiempo actual		Tiempo propuesto	
	(seg)	(min)	(seg)	(min)
Preparado de lote y máquina				
Corte 1 y 2	288,8	4,81	131,78	2,2
Rayado y destallado	305,22	5,09	66,86	1,11
Aparado	343,29	5,72	76,44	1,27
Empastado	199,41	3,32	70,21	1,17
Suma	1136,72	18,95	345,29	5,75
Preparado de máquina				
Corte 1 y 2	51,6	0,86	51,6	0,86
Destallado	79,44	1,32	71,25	1,19
Aparado de cuello	71,59	1,19	70,09	1,17
Aparado de talón	53,47	0,89	52,22	0,87
Aparado de capellada	74,68	1,24	73,35	1,22
Armado	107,76	1,8	62,88	1,05
Suma	438,54	7,31	381,39	6,36
Tiempo Total de preparado de máquina y lote				
Corte 1 y 2	340,4	5,67	183,38	3,06
Rayado y destallado	384,66	6,41	138,11	2,3
Aparado	543,03	9,04	272,1	4,53
Empastado	199,41	3,32	70,21	1,17
Armado	107,76	1,8	62,88	1,05
Suma	1575,26	26,24	726,68	12,11

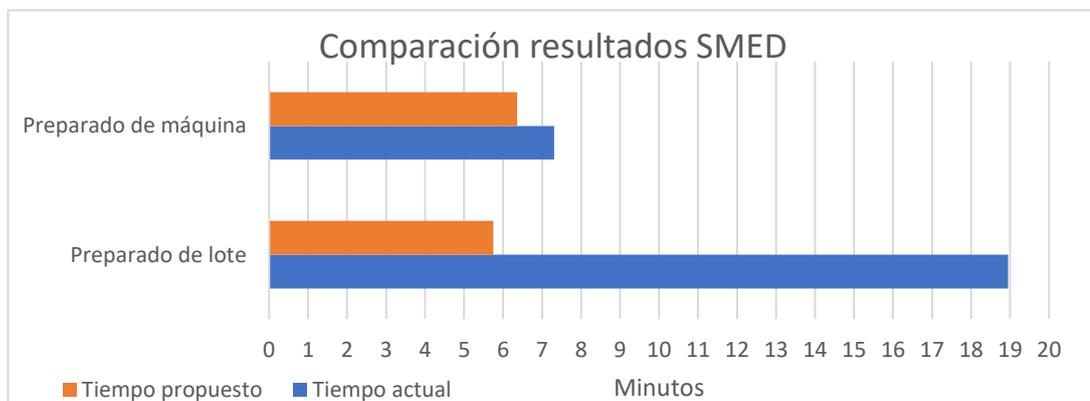


Figura 43. Resultados de SMED

Etapa 3 del SMED. Optimizar las actividades mejorando o perfeccionando los métodos de trabajo. Como se propuso en la etapa dos, la incorporación de un ayudante para los procesos productivos, el cual realizará las actividades como son la entrega de insumos preparados a las diferentes áreas de producción; por lo tanto, se presenta un proceso estandarizado de las actividades para la preparación del lote de trabajo.

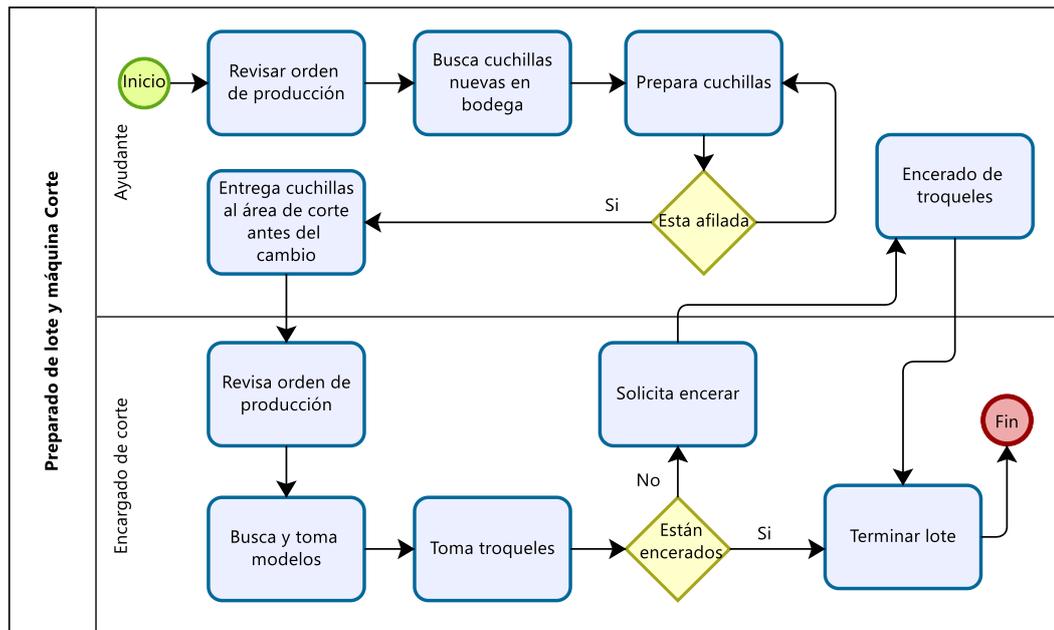


Figura 44. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de corte

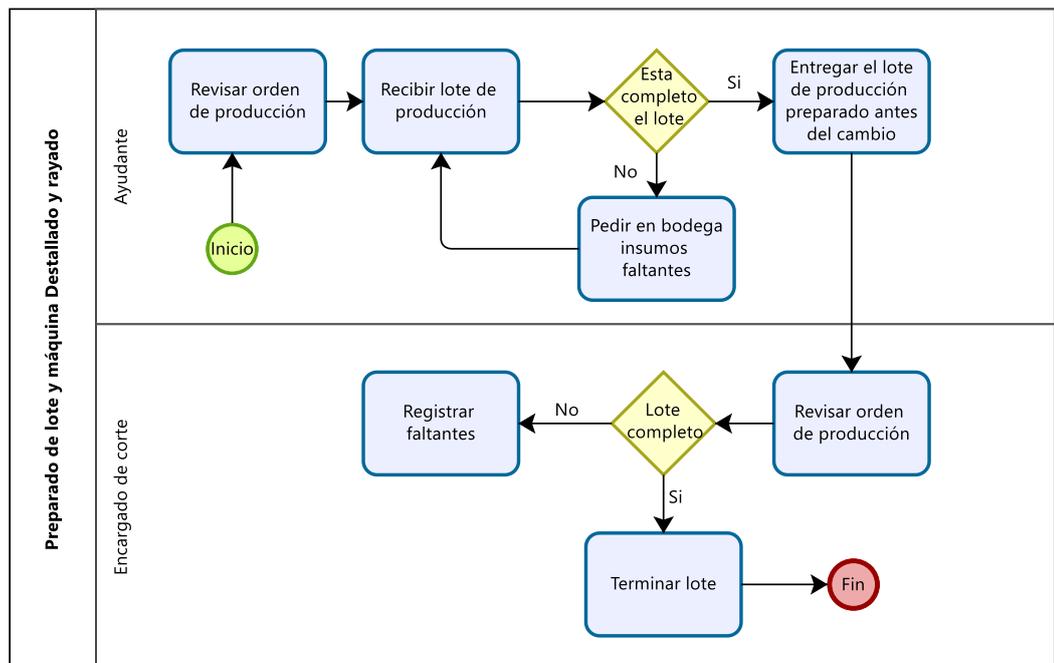


Figura 45. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de destallado y rayado

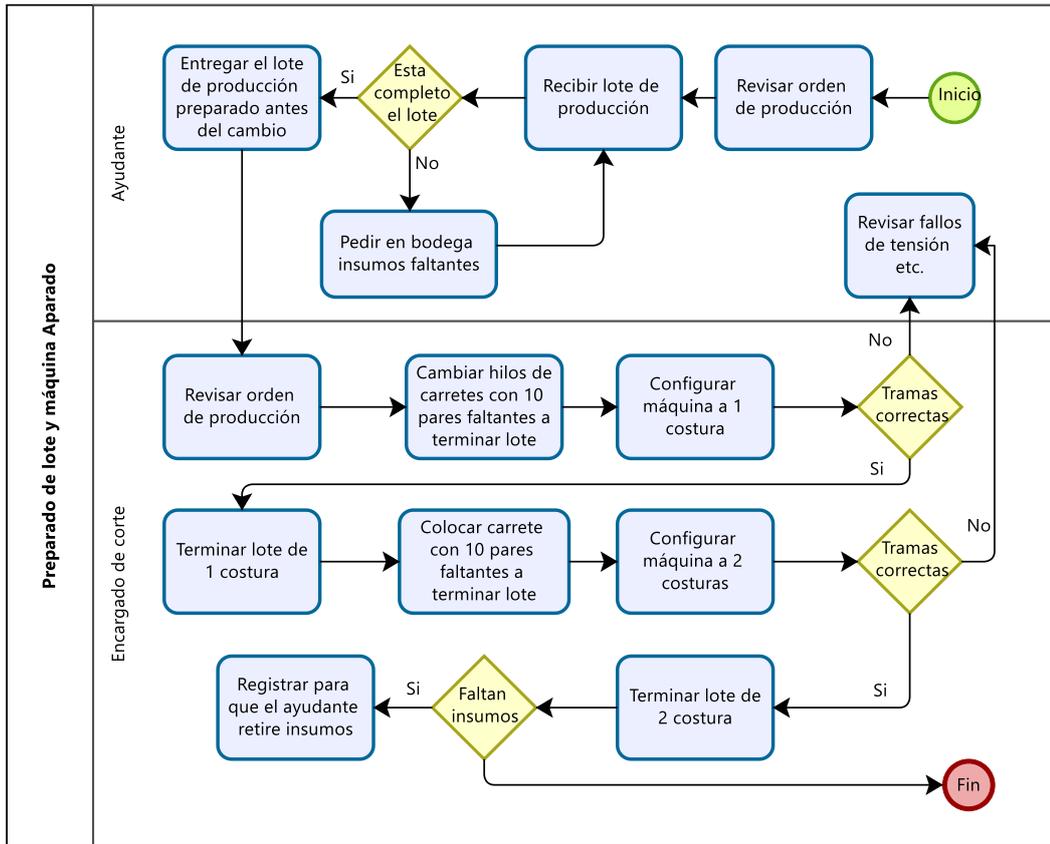


Figura 46. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de aparado

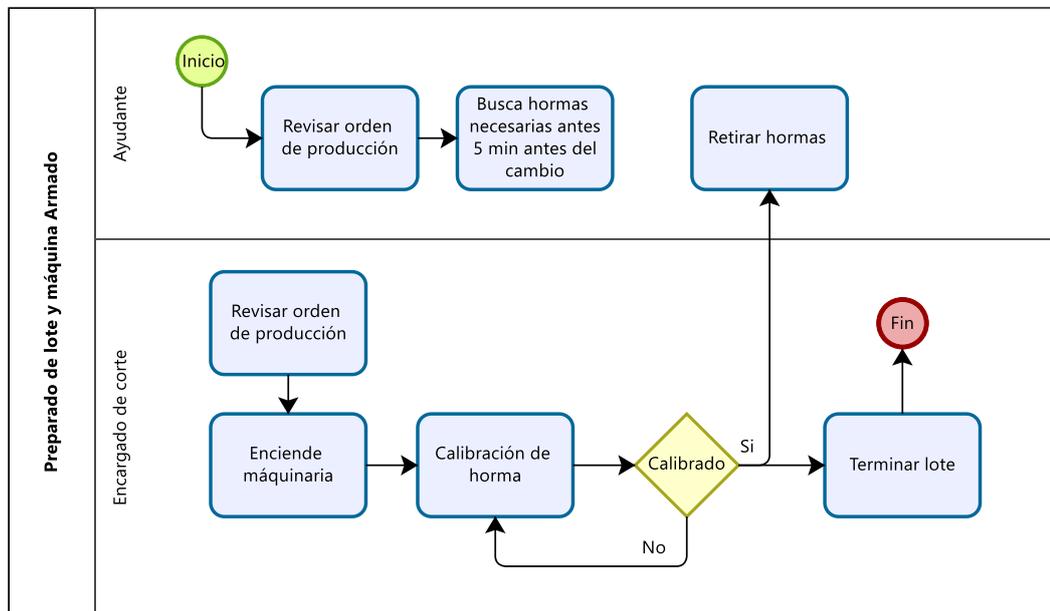


Figura 47. Procedimiento para el preparado de lote y máquina de armado

3.4.5. Mejoras propuestas del proceso productivo

A partir del VSM actual donde se logra identificar los desperdicios observados dentro de la línea de producción de calzado ortopédico y sus posibles soluciones. En la Tabla 36 se describe los cambios para el mejoramiento de cada proceso ya sea por medio de la reducción o la eliminación de tiempos de las actividades envueltas en la elaboración de calzado ortopédico.

Tabla 36 Mejoras propuestas del proceso productivo

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN										
Procesos	Subproceso	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Solución				Aplicación	Mejora	Tiempo de ciclo propuesto (seg)
						Maximizar	Crear valor	Minimizar	Eliminar			
Corte	Corte	Transportar rack de materia prima (cuero, cuero sintético espuma) al área de corte	35	41,23	1,17			X		Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación	Reducción de transporte	10,00
		Troquelado de piezas de cuero	1	97,02	97,02	X				Actividad que agrega valor	Conservar	97,02
		Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack	1	12,12	12,11		X			Implementar nuevos métodos de almacenaje codificados	Reducción de tiempo	8,0
		Troquelar espuma	1	7,78	7,782	X				Actividad que agrega valor	Conservar	7,78
		Colocar piezas de espuma en rack	1	3,34	3,34					Implementar nuevos métodos de almacenaje codificados	Reducción de tiempo	2
		Recortar forros	1	27,97	27,973	X				Actividad que agrega valor	Conservar	27,97
		Transportar rack de piezas a área de destallado	25	10,77	0,4307			X		Eliminar transporte innecesario, mejorar el proceso	Eliminar transporte	0
		Almacenar piezas	35	44064	1258,97				X	Eliminar almacenamiento, enviar piezas directo a destallado	Eliminación de inventario	0
	Corte de plantillas	Transportar rack (plantillas) al área de corte	35	41,96	1,199			X		Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación	Reducción de transporte	0
		Recortar eva de plantilla y almacenar en rack	1	31,95	31,954	X				Implementar nuevos métodos de almacenaje codificados	Reducción de tiempo	20,0
		Codificar eva	1	0,96	0,955			X		Eliminar actividad	Reducción de tiempo	0
		Recortar sintético y almacenar	1	20,23	20,234	X				Actividad que agrega valor	Conservar	20,23
		Codificar sintético	1	2,87	2,873			X		Eliminar actividad	Reducción de tiempo	2,0
		Recortar tafilete de cuero	1	31,67	31,671	X				Actividad que agrega valor	Conservar	31,67
		Troquelar tafilete de cuero	1	17,55	17,55	X				Actividad que agrega valor	Conservar	17,55
		Transportar tafilete a la máquina estampadora	35	8,34	0,2384			X		Acercar máquina estampadora	Reducción de transporte	2,0
		Estampar logo en tafilete	1	19,43	19,432	X				Actividad que agrega valor	Conservar	19,43
		Codificar tafiletes	1	2,86	2,859	X				Eliminar actividad	Reducción de tiempo	0
		Transportar tafilete estampados a rack	35	8,69	0,2483			X		Actividad que agrega valor	Conservar	3
		Almacenar tafilete junto a espuma y sintético	35	44064	1258,97				X	Eliminar almacenamiento, enviar piezas directo a aparato	Eliminación de inventario	0
	Punta y contrafuerte	Transportar plancha contrafuerte y punta al área de corte	1	22,10	22,095			X		Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación	Reducción de transporte	0
		Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente	1	7,25	7,2547	X				Actividad que agrega valor	Conservar	7,25
		Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente	1	7,70	7,704	X				Actividad que agrega valor	Conservar	7,7
		Transportar punta y contrafuerte al área de montaje	35	10,70	0,3056			X		Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación	Reducción de transporte	8,0
		Almacenar punta y contrafuerte	35	0,00	0			X		Eliminar almacenamiento, flujo continuo	Eliminación de inventario	0
	Rayado y destallado	Rayado	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas	1	138,87	138,87	X			Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación	Reducción de transporte	80
			Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero	1	39,01	39,006	X			Actividad que agrega valor	Conservar	39,01
		Destallado	Destallar bordes tipo tumbado	1	41,59	41,586	X			Actividad que agrega valor	Conservar	41,59
Destallar bordes tipo embolsado			1	180,63	180,63	X			Actividad que agrega valor	Conservar	180,63	
Codificar todas las piezas			1	35,57	35,573	X			Eliminar actividad	Reducción de tiempo	0	
Inspeccionar piezas			1	5,69	5,69		X			Eliminar actividad, no necesaria si se almacena correctamente	Reducción de tiempo	0
Almacenar piezas codificadas			35	44064	1258,97				X	Eliminar almacenamiento, flujo continuo	Eliminación de inventario	0
Transportar piezas al área de aparato			25	8,82	0,3528			X		Eliminar transporte innecesario, mejorar proceso	Eliminación de transporte	0
Aparado	Aparado de talón	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos	1	9,11	9,1116	X						9,0
		Coser cara externa de ensamble A	1	26,64	26,637	X						25,0
		Doblar costuras de ensamble A	1	7,72	7,7244	X				Entrenamiento e incentivación al trabajador para realizar el proceso más rápido.		6,0
		Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio	1	18,03	18,032	X						17,0
		Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento y unir (ensamble B)	1	47,77	47,769	X				Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.	Reducción de tiempo de proceso	45,0
		Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)	1	16,47	16,474	X						15,0
		Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)	1	23,84	23,838	X						22,0
		Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)	1	22,14	22,141	X						20,0
		Tomar el ensamble E, coser uniones	1	48,12	48,124	X						45,0

Tabla 36 Mejoras propuestas del proceso productivo (continuación)

Procesos	Subproceso	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Solución				Aplicación	Mejora	Tiempo de ciclo propuesto (seg)		
						Maximizar	Crear valor	Minimizar	Eliminar					
Aparado	Aparado de cuello	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)	1	29,76	29,757	X				Entrenamiento e incentivación al trabajador para realizar el proceso más rápido. Designar un operario auxiliar para el trasporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.	Reducción de tiempo de proceso	25,0		
		Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)	1	21,74	21,742	X						20,0		
		Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar	1	10,02	10,022	X						8,0		
		Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello	1	78,28	78,275	X						60,0		
		Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)	1	32,43	32,433	X						30,0		
	Aparado de capellada	Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)	1	28,19	28,188	X				Entrenamiento e incentivación al trabajador para realizar el proceso más rápido. Designar un operario auxiliar para el trasporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.	Reducción de tiempo de proceso	25,0		
		Tomar ensamble I, realizar cosido	1	17,18	17,182	X						15,0		
		Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar	1	10,73	10,727	X						10,0		
		Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar	1	9,93	9,9324	X						8,0		
		Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa	1	3,17	3,174	X						3,0		
		Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)	1	30,76	30,763	X						30,0		
		Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos	1	19,53	19,532	X						19,0		
		Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir	1	40,41	40,412	X						40,0		
		Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos	1	32,17	32,173	X						31,0		
		Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta	1	43,29	43,291	X						42,0		
		Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales	1	43,21	43,21	X						40,0		
		Transportar ensamble J al compresor de ojales	35	11,82	0,3376				X			Acercar compresor de ojales	Eliminación de transporte	0
		Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos	1	82,31	82,312	X						Actividad que agrega valor	Conservar	80,0
	Transportar ensamble J con ojales al área de aparado	35	12,37	0,3534				X	Eliminar transporte innecesario, mejora de proceso	Eliminación de transporte	0			
	Aparado de lengüeta	Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)	1	2,70	2,6985	X				Entrenamiento e incentivación al trabajador para realizar el proceso más rápido. Designar un operario auxiliar para el trasporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.	Reducción de tiempo de proceso	2,7		
		Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos	1	9,04	9,035	X						9,0		
		Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente	1	27,57	27,574	X						26,0		
		Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera	1	24,87	24,867	X						23,0		
		Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L	1	12,02	12,02	X						12,0		
		Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno	1	19,82	19,818	X						18,0		
		Recortar forro sobrante en los extremos e hilos de la lengüeta	1	17,10	17,101	X						17,0		
		Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos	1	61,40	61,395	X						60,0		
		Aparado de plantilla	Tomar las piezas 17, 18, 19, pegar, unir (ensamble N)	1	48,77	48,774	X						Entrenamiento e incentivación al trabajador para realizar el proceso más rápido. Designar un operario auxiliar para el trasporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.	Reducción de tiempo de proceso
Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta			1	31,76	31,756	X						30,0		
Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos			1	36,90	36,897	X						35,0		
Inspeccionar aparado			1	5,11	5,1144				X			Eliminar actividad		
Transportar zapato aparado al área de montaje	35		7,59	0,2167				X	Eliminar transporte innecesario, mejora de proceso	Eliminación de transporte	6,0			
Almacenar zapato aparado	60		75528	1258,8				X	Eliminar almacenamiento, flujo continuo	Eliminación de inventario	0			
Montaje	M. de talón	Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora	1	60,86	60,859	X			Actividad que agrega valor	Conservar	60,0			
		Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón	1	60,30	60,299	X					60			
	M de punta	Tomar punta y colocar pegamento	1	5,44	5,444	X					5,0			
		Prensar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil	1	59,79	59,792	X					58,0			

Tabla 36 Mejoras propuestas del proceso productivo (continuación)

Procesos	Subproceso	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Solución				Aplicación	Mejora	Tiempo de ciclo propuesto (seg)		
						Maximizar	Crear valor	Minimizar	Eliminar					
Empastado	Preparado de horma	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas	1	52,64	52,635	X				Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación	Reducción de transporte	50,0		
		Colocar pegamento en la parte interna del zapato	1	27,53	27,526	X						25,0		
		Insertar horma	1	36,71	36,706	X						35,0		
		Ajustar horma con pasadores y clavos	1	70,39	70,387	X						70,0		
		Recortar rebabas de punta	1	26,71	26,714		X					26,0		
	Empastado	Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato	1	52,26	52,259	X					51,0			
		Colocar pegamento en cambiión y ortesis	1	18,16	18,164	X					17,0			
		Unir cambiión a plantilla, colocar pegamento	1	21,67	21,67	X					20,0			
		Unir ortesis al cambiión	1	5,33	5,328	X					5,0			
		Inspeccionar empastado del zapato	1	5,26	5,255				X		Eliminar actividad	Reducción de tiempo	5,0	
	Almacenar zapato empastado	35	0,00	0				X	Eliminar almacenamiento, flujo continuo	Eliminación de inventario	0			
Armado	A. de punta	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas	1	47,42	47,416	X				Actividad que agrega valor	Conservar	46,0		
		Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil	1	38,29	38,285	X						37,0		
	A. de talón	Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar	1	61,20	61,199	X					60,0			
		Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora	1	20,96	20,963	X					20,0			
		Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil	1	23,75	23,749	X					23,0			
		Inspeccionar armado del zapato	1	2,50	2,502				X		Eliminar actividad	Reducción de tiempo	1,0	
		Almacenar zapato armado	35	0,00	0				X		Eliminar almacenamiento, flujo continuo	Eliminación de inventario	0	
		Transportar plantas a área de preparado de planta	35	58,26	1,6644				X		Eliminar transporte innecesario, mejora de proceso	Eliminación de transporte	0	
	Preparado de planta	Preparado de planta	Cardado de planta	1	48,14	48,14	X					Actividad que agrega valor	Conservar	48,0
			Sopleteado	1	6,34	6,338	X					Actividad que agrega valor	Conservar	6,0
Transportar planta a mesa de preparado de planta			12	5,34	0,4453				X	Reducir transporte innecesario, mejora de proceso	Reducción de transporte	5,0		
Cepillado			1	10,76	10,756	X						10,0		
Colocar liquido limpiador de planta			1	16,78	16,775	X						16,0		
Colocar pegamento			1	63,29	63,293	X				Actividad que agrega valor	Conservar	63,0		
Colocar adhesivo de calzado			1	51,30	51,302	X						51,0		
Transportar planta a reactivadora de planta			1	5,21	5,206				X	Reducir transporte innecesario, mejora de proceso	Reducción de transporte	3,0		
Cardado	Rayado	Tomar del estante móvil el zapato y rayar los bordes	1	42,87	42,874	X				Actividad que agrega valor	Conservar	42,0		
		Transportar zapato rayado al área de cardado	25	12,06	0,4824				X	Reducir transporte innecesario, mejora de proceso	Reducción de transporte	12,0		
	Cardado	Realizar el cardado de bordes inferiores	1	63,04	63,036	X				Actividad que agrega valor	Conservar	63,0		
		Transportar zapato cardado al área de pegado de planta	25	12,67	0,5067				X	Reducir transporte innecesario, mejora de proceso	Reducción de transporte	10,0		
Pegado de planta	Pegado de planta	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	1	61,66	61,663	X				Entrenamiento e incentivación al trabajador para realizar el proceso más rápido.	Reducción de tiempo de proceso	60,0		
		Colocar 2da capa en la superficie inferior y colocar en estante	1	61,76	61,759	X				Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.		60,0		
		Colocar el zapato, planta y reactivar	1	247,31	247,31	X						200,0		
		Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente	1	62,50	62,496	X						40,0		
		Comprimir planta	1	18,98	18,98	X						15,0		
Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	Transportar zapato enfriado al área de empaquetado	4	17,40	4,349				X	Eliminar transporte innecesario, mejora de proceso	Eliminación de transporte	0		
		Retirar cordones y hormas	1	61,38	61,377	X				Designar un operario auxiliar para el transporte de materiales durante el tiempo de preparación de lote y máquina.	Reducción de tiempo de proceso	30,0		
		Inspeccionar, limpiar y pintar defectos	1	191,27	191,27	X				Reducir tiempo de inspección		120,0		
		Colocar pasadores y plantilla	1	59,62	59,623	X					Conservar	59,0		
		Empaquetar	1	59,70	59,699	X				Actividad que agrega valor		58,0		
		Transportar zapato empaquetado a bodega de producto terminado	3	6,88	2,2943				X	Eliminar transporte innecesario, mejora de proceso	Eliminación de transporte	0		
		Almacenar producto terminado	30	37764	1258,8				X	Reducir almacenamiento, flujo continuo	Reducción de inventario	12500,0		

3.4.6. Cursograma analítico propuesto

Con una mejora dentro del proceso productivo se presenta un nuevo cursograma analítico propuesto en el Anexo 16, por lo que a continuación en la Tabla 37 se presenta su resumen, el cual describe las actividades para el proceso de elaboración de calzado ortopédico obteniendo 89 operaciones, 9 transportes, 3 inspecciones, 0 demoras y 3 almacenamientos, además de una distancia de recorrido de 31,7 metros entre procesos.

Tabla 37 Resumen cursograma analítico

Actividad		Cantidad	Total
Operación		89	3171,53 seg
Transporte		9	59 seg / 31,7 m
Inspección		3	11 seg
Demora		0	0 seg
Almacenaje		3	---
Total		104	3241,53 seg

Obtenidos los tiempos propuestos referenciados en el cursograma analítico propuesto, se calcula los tiempos estándares de estos de la misma manera que se lo hace con los tiempos actuales, como se observa en la Tabla 38. Además, se aclara un cambio de factores de desempeño (FD) y suplementos (S%) debido a los cambios de mejora.

Tabla 38 Resumen de tiempos estándar propuestos de producción zapato ortopédico DE02

Proceso	Subproceso	FD	S (%)	TS (seg/u)	TS (min/u)	TS por proceso (min/u)
Corte	Corte	0,23	19,00	223,61	3,73	7,26
Corte 2	Punta y contrafuerte	0,23	24,00	176,74	2,95	
	Formación de plantilla	0,23	24	35,00	0,58	
Rayado y Destallado	Rayado	0,18	20	168,52	2,81	8,01
	Destallado	0,18	19	312,04	5,20	

Tabla 38 Resumen de tiempos estándar propuestos de producción zapato ortopédico DE02 (continuación)

Proceso	Subproceso	FD	S (%)	TS (seg/u)	TS (min/u)	TS por proceso (min/u)
Aparado	Aparado de talón	0,18	17	281,64	4,69	22,17
	Aparado de cuello	0,18	17	197,43	3,29	
	A. de capellada	0,18	17	473,55	7,89	
	A. de lengüeta	0,18	17	231,53	3,86	
	A. de plantilla	0,18	17	146,34	2,44	
Montaje	M. de Talón	0,23	16	171,22	2,85	4,35
	M. de Punta	0,23	16	89,89	1,50	
Empastado	Preparar horma	0,23	14	288,85	4,81	7,10
	Empastado	0,23	14	137,42	2,29	
Armado	Armado de Punta	0,23	16	118,42	1,97	4,45
	Armado de Talón	0,23	16	148,39	2,47	
Preparado de planta	Preparado de planta	0,28	14	294,76	4,91	4,91
Rayado y Cardado	Rayado	0,23	12	54,00	0,90	2,68
	Cardado	0,23	19	106,85	1,78	
Pegado de planta	Pegado de planta	0,18	15	508,88	8,48	8,48
Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	0,18	19	374,92	6,25	6,25
TOTAL				4539,39	75,67	

En comparación con el tiempo total del estándar actual se reduce de 94,24 min/u a 75,67 min/u, teniendo como resultado 18,58 minutos eliminados, es decir una reducción del 19,7% con respecto a la situación actual, gracias a los cambios y regulaciones que propone implementar una metodología de MA.

3.4.7. VSM Propuesto

Se calcula las capacidades de producción para cada proceso de la línea de producción de calzado ortopédico como muestra la Tabla 39.

Tabla 39 Capacidades de producción diarias propuestas del modelo DE02

Proceso	TS (min/u)	Cp (u/día)	Estaciones	Cp (u/día)
Corte	3,73	128,80	1	128,80
Corte 2	3,53	136,01	1	136,01
Rayado y destallado	8,01	59,93	1	59,93
Aparado	22,17	21,65	2	43,29
Montaje	4,35	110,30	1	110,30
Empastado	7,10	67,56	1	67,56
Armado	4,45	107,94	1	107,94
Preparado de planta	4,91	97,71	1	97,71
Rayado y cardado	2,68	179,05	1	179,05
Pegado de planta	8,48	56,60	1	56,60
Terminado y empaquetado	6,25	76,82	1	76,82

Cálculo de Takt Time

Aplicando la Ecuación (4) reemplazamos los nuevos datos. Donde la jornada son 8 horas diarias, la demanda semanal: 225 pares, el tiempo de preparación: 12 min, el tiempo de limpieza: 5 min, por lo tanto, el tiempo disponible al día: 7 horas 43 min. = 7,72 horas = 463,2 minutos

$$Takt\ time = \frac{463,2\ min/día}{45\ pares/día}$$

$$Takt\ time = 10,29\ min/par$$

El tiempo de almacenamiento que no agrega valor son 68,97 horas o 4137,93 minutos. Para el cálculo del Lead time, se suma el tiempo de almacenamiento, más el tiempo que agrega valor, en otras palabras, el tiempo de procesamiento que es igual a 75,67 minutos, obteniendo el Lead time de 4213,59 minutos o 70,22 horas, como indica la Figura 48.

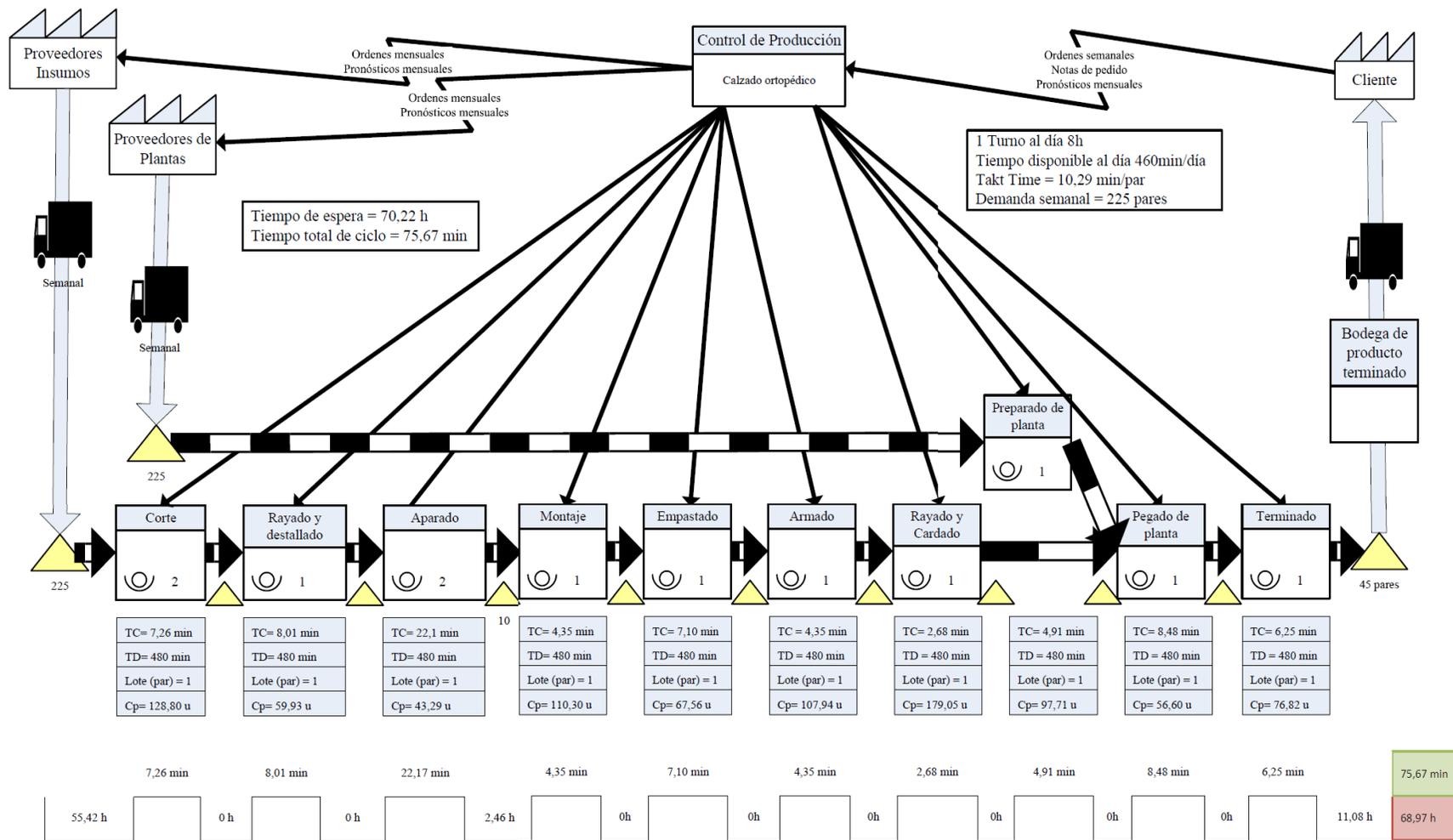


Figura 48. VSM propuesto

3.4.8. Ratio de valor agregado propuesto (RVA)

Se realiza un análisis de todas las actividades inmersas en la fabricación de calzado ortopédico propuesto como se observa en el Anexo 17, dando como resultado la Tabla 40 que detalla de forma resumida la cantidad y porcentaje de tiempos que agregan y no agregan valor sobre la cadena de producción.

Tabla 40 Resumen de tiempos VA y NVA propuesto

Subproceso	Tiempo Total seg/u	Tiempo VA	% VA	Tiempo NVA	% NVA
Almacenamiento MP	886,72	0,00	0,00	886,72	100,00
Corte	143,06	140,77	98,40	2,29	1,60
Corte de plantillas	111,02	110,88	99,87	0,14	0,13
Punta y contrafuerte	15,18	14,95	98,49	0,23	1,51
Rayado	119,01	119,01	100,00	0,00	0,00
Destallado	222,22	222,22	100,00	0,00	0,00
Aparado de talón	204,00	204,00	100,00	0,00	0,00
Aparado de cuello	143,00	143,00	100,00	0,00	0,00
Aparado de capellada	343,00	343,00	100,00	0,00	0,00
Aparado de lengüeta	167,70	167,70	100,00	0,00	0,00
Aparado de plantilla	985,77	95,00	9,64	890,77	90,36
M. de talón	120,00	120,00	100,00	0,00	0,00
M. de punta	63,00	63,00	100,00	0,00	0,00
Preparar horma	206,00	206,00	100,00	0,00	0,00
Empastado	98,00	93,00	94,90	5,00	5,10
A. de punta	83,00	83,00	100,00	83,00	0,00
A. de talón	104,00	103,00	99,04	1,00	0,96
Preparado de planta	197,42	194,00	98,27	3,42	1,73
Rayado	42,48	42,00	98,87	0,48	1,13
Cardado	63,40	63,00	99,37	0,40	0,63
Pegado de planta	375,00	375,00	100,00	0,00	0,00
Terminado empaquetado	1596,60	267,00	16,72	1329,60	83,28
Total	6289,58	3169,53	86,98 %	3203,05	13,02 %

El tiempo propuesto que toma fabricar un par de zapatos ortopédicos, siendo la unidad analizada desde la bodega de materia prima hasta el terminado del producto final toma 6289,58 seg / 104,82 min de los cuales 3203,05 seg / 53,38 min no agregan valor al producto final. El ratio del valor añadido propuesto de 0,99.

$$RVA = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}}$$

$$RVA = \frac{33169,53 \text{ seg}}{3203,05 \text{ seg}} = 0,99$$

3.5. Simulación y propuesta de solución para la mejora del proceso productivo de calzado ortopédico

3.5.1. Simulación actual

Para la comprobación de la capacidad de la empresa, inventarios y restricciones de producción, se realiza mediante el software FlexSim la simulación de los procesos. En la Tabla 41 se muestran los recursos utilizados en el programa.

Tabla 41 Recursos utilizados en FlexSim

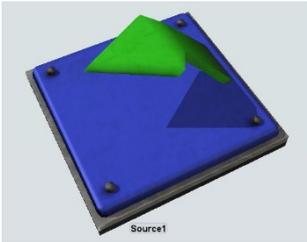
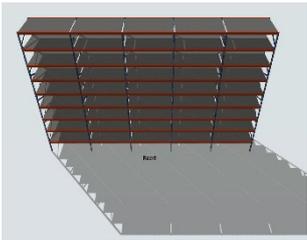
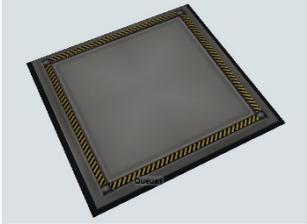
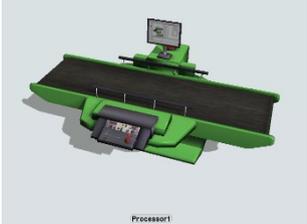
Recurso	Descripción	Procesos Productivos
<p>Source (Arribos)</p> 	<p>Utilizado para la creación de elementos de flujo que viajan a través del modelo. Este simula los arribos de materia prima a la planta.</p>	<p>Materia prima</p>
<p>Rack</p> 	<p>Utilizado para almacenar elementos de flujo como si fuera un bastidor de almacén. Simula los espacios destinados a inventario en proceso e inventario de hormas.</p>	<p>Almacenamiento de hormas y almacenamiento del producto terminado.</p>

Tabla 41 Recursos utilizados en FlexSim (continuación)

Recurso	Descripción	Procesos Productivos
<p data-bbox="379 562 568 600">Queue (Colas)</p> 	<p data-bbox="655 521 995 887">Utilizado para almacenar elementos de flujo cuando un objeto a continuación no puede aceptarlo. Este simula los inventarios generados por los procesos productivos.</p>	<p data-bbox="1018 331 1374 1077">Almacenar materia prima. Almacenar piezas de cuero. Almacenar tafilete, espuma y sintético. Almacenar punta y contrafuerte. Almacenar piezas de cuero codificadas Almacenar zapato aparado Almacenar zapato empastado Almacenar zapato armado Almacenar producto terminado</p>
<p data-bbox="411 1227 539 1265">Processor</p> 	<p data-bbox="655 1267 995 1469">Utilizado para simular el procesamiento de elementos de flujo. Simula los procesos productivos.</p>	<p data-bbox="1018 1104 1369 1630">Corte Rayado y destallado Aparado Montaje Empastado Armado Preparado de planta Rayado y cardado Pegado de planta Terminado y empaquetado</p>

Se insertan los recursos en el modelo 2D creado en AutoCAD, ubicando todas las máquinas y elementos en los sitios reales según el diseño actual de la empresa. Se coloca además a los operarios en cada puesto de trabajo y se realiza el trazado de trayectorias para cada uno, de acuerdo con el recorrido actual de los procesos.

Para la determinación de distribuciones estadísticas de cada proceso, primero se obtienen las distribuciones estándar de las 10 observaciones y medias de los procesos, para consecutivamente crear cien números aleatorios en Excel utilizando una distribución normal. Estos datos son analizados en Experfit, un software adicional de Flexsim de distribución ajustada, la cual escoge la distribución que más se apege a los datos del estudio de tiempos. Se desarrolla la creación de la Tabla 42 la cual muestra las distribuciones para todos los procesos.

Tabla 42 Distribuciones por procesos

Proceso	Desviación Estándar	Distribución
Corte	6,72	beta(227.840569, 320.909970, 25.160404, 22.914252,
Corte	16,26	beta(205.848303, 501.874657, 39.220876, 39.253272,
Rayado y Destallado	11,48	lognormal2(0.000000, 635.109151, 0.017729,
Aparado (2)	32,39	lognormal2(0.000000, 1616.451497, 0.019781,
Montaje	4,18	lognormal2(113.952727, 141.130466, 0.028672,
Empastado	11,10	randomwalk(0.000000, 0.002347, 3.638855,
Armado	6,59	beta(251.018000, 321.971954, 14.787551, 15.219895,
Preparado de planta	9,02	beta(286.110701, 421.742780, 32.518482, 24.822725,
Rayado y Cardado	4,02	lognormal2(0.000000, 191.969609, 0.020779,
Pegado de planta	8,24	inversegaussian(299.283947, 319.496794, 482417.043325,
Terminado y Empaquetado	9,43	johnsonbounded(522.428866, 646.822421, 0.356091, 3.204702,

Consecutivamente se ingresan las distribuciones obtenidas en todos los procesos productivos, incluyendo al de arribos. Como ejemplo, la Figura 49 muestra la configuración del proceso de aparado y la configuración del arribo de materia prima.

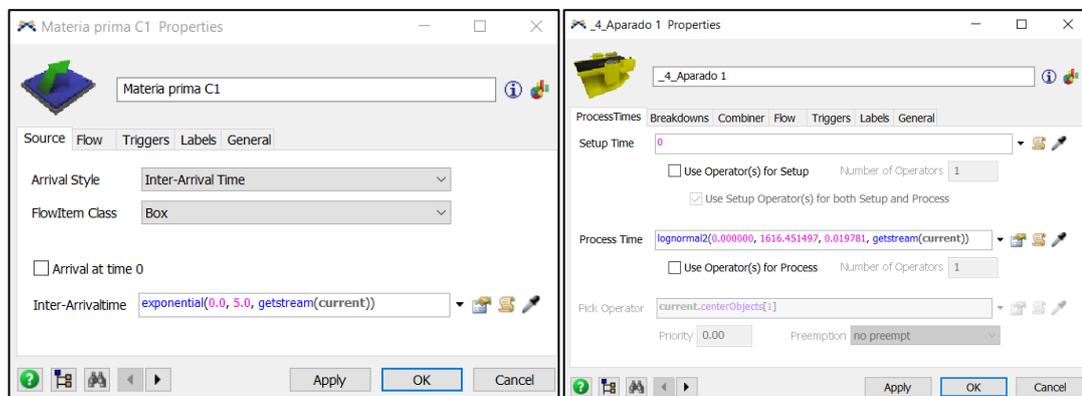


Figura 49. Ejemplo del ingreso de distribuciones a los procesos

Se continua con la conexión de todos los procesos según la secuencia establecida como muestra la Figura 50, cabe recalcar que solamente se modelo el área de procesos productivos, más no las áreas administrativas.

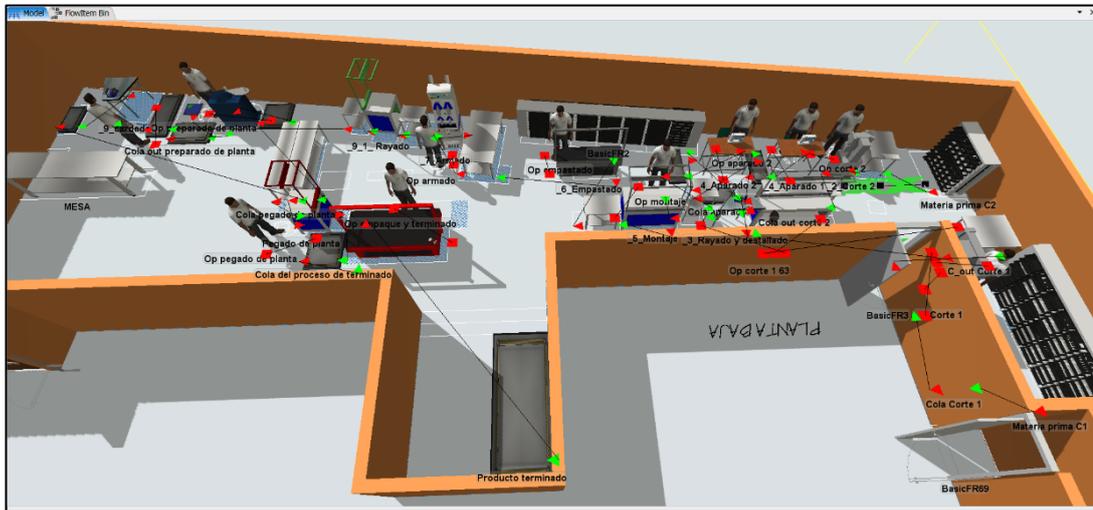


Figura 50. Conexión entre operarios y procesos

El siguiente parámetro por configurar es el horario de trabajo, este comienza a las ocho de la mañana y termina a las cinco de la tarde con una hora para el almuerzo de una a dos de la tarde. La Figura 51 muestra la configuración de este horario de trabajo para todos los operarios y maquinaria dentro de la planta, se observa las barras rojas las cuales señalan la inactividad programada dentro del día.

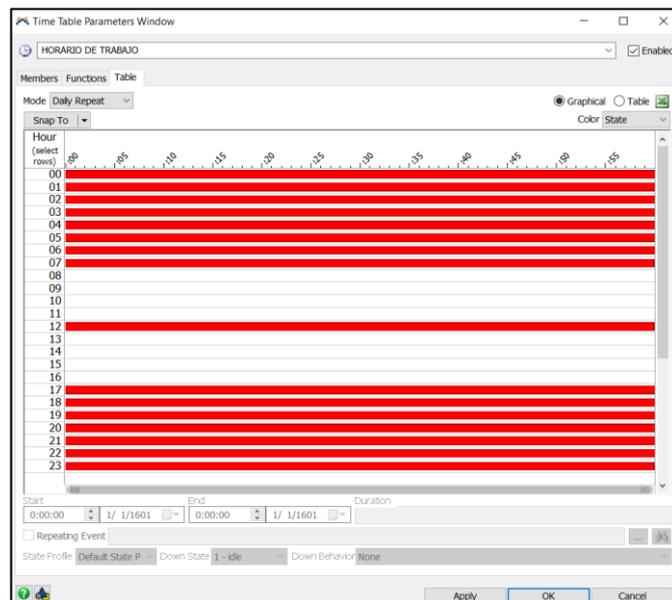


Figura 51. Programación de la jornada laboral

Establecidos los parámetros anteriores, se analizan los resultados mostrados obtenidos de la simulación durante una semana en la situación actual.

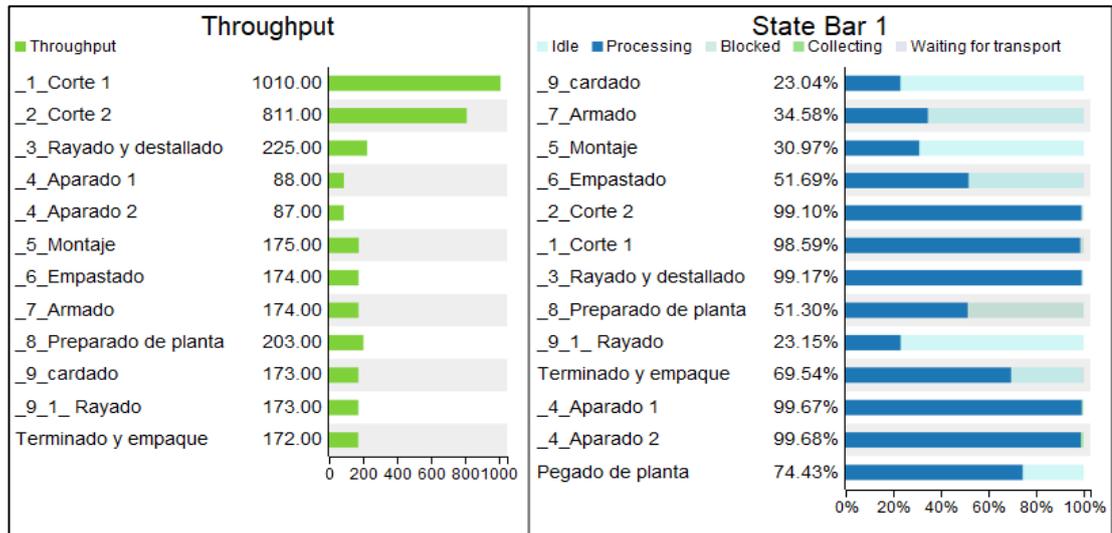


Figura 52. Resultados de simulación actual

Análisis:

A través de la Figura 52 se muestran los resultados de la simulación para una semana de trabajo, en la cual en la parte izquierda muestra los pares producidos, y en la parte derecha se observa el porcentaje de eficiencia o utilización de los procesos, obteniendo como resultado una capacidad de 172 pares en terminado, limitado por el cuello de botella por una capacidad de 152 pares en el área de aparado, adicionalmente se evidencia un utilización del proceso de aparado de 99,68%, lo que indica que se trabaja a la máxima capacidad, así también, cabe mencionar que se encuentran inmiscuidos los desperdicios del proceso, como: movimientos, transportes innecesarios e inventarios.

Comparación teórico y simulación

Se realiza el cálculo para verificar el porcentaje de similitud entre los resultados teóricos y simulados de la situación actual de la empresa, utilizando la Ecuación (9). El porcentaje de error es aceptable, por lo que la simulación actual está acorde con lo establecido en la parte teórica y se asemeja a la realidad.

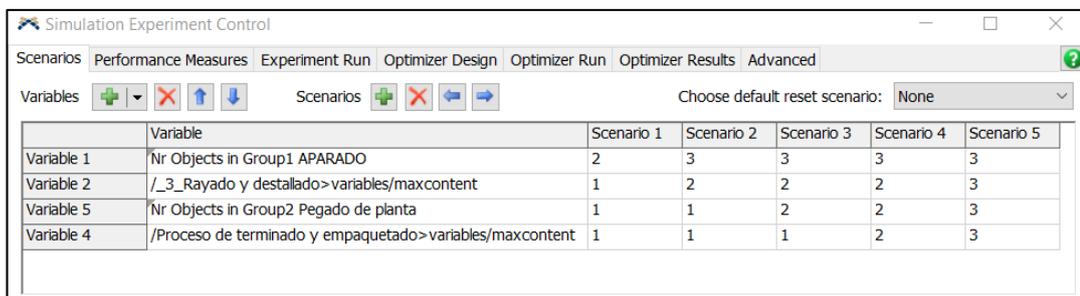
$$\%Error = \frac{Valor\ te\acute{o}rico - Valor\ simulado}{Valor\ simulado} * 100 \quad (9)$$

$$\%Error = \frac{174\ pares - 172\ pares}{172\ cajas} * 100 = 1,16\%$$

Experimenter

Se realizan experimentos en funci3n a la explotaci3n del cuello de botella siendo este el proceso de aparado, as3 m3imo de los 3 recursos que restringen la capacidad siendo lo de rayado y destallado, pegado de planta y terminado y empaquetado. Para esto se verifica el l3mite m3aximo al cual pueda existir alguna mejora en la producci3n, estableciendo varios 5 escenarios.

Los escenarios por considerar son los siguiente: en el 1er escenario se establece la situaci3n actual de la empresa donde existen 2 estaciones para aparado y 1 estaci3n para rayado/destallado, pegado de planta y terminado/empaquetado; en el 2do escenario se agrega una estaci3n m3as a los procesos de aparado y rayado/destallado; en el 3er escenario se agregan una estaci3n adicional a los procesos de aparado y rayado/destallado y pegado de planta; en el 4to escenario se agrega una estaci3n adicional para cada proceso; y finalmente en el 5to escenario se agregan una estaci3n al proceso de aparado y dos estaciones para rayado/destallado, pegado de planta y terminado/empaquetado. Como muestra la Figura 53



Variable	Variable	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Variable 1	Nr Objects in Group1 APARADO	2	3	3	3	3
Variable 2	/_3_Rayado y destallado>variables/maxcontent	1	2	2	2	3
Variable 5	Nr Objects in Group2 Pegado de planta	1	1	2	2	3
Variable 4	/Proceso de terminado y empaquetado>variables/maxcontent	1	1	1	2	3

Figura 53. Escenarios propuestos para Experimenter

En base a los cinco escenarios establecidos, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 54. En relaci3n con la Figura 55, se observa la capacidad semanal, donde el 1er escenario tiene una capacidad de 172 pares, el 2do escenario 225 pares, el 3ro, 4to y 5to 237 pares. De los cuales la mejor opci3n es el 2do escenario debido a que el

incremento de la capacidad es mayor a los 53 pares de la situación actual solamente incrementando una estación adicional al proceso de aporado, mientras que los demás escenarios influyen mínimamente a la capacidad mejorada con el aumento de varias estaciones.

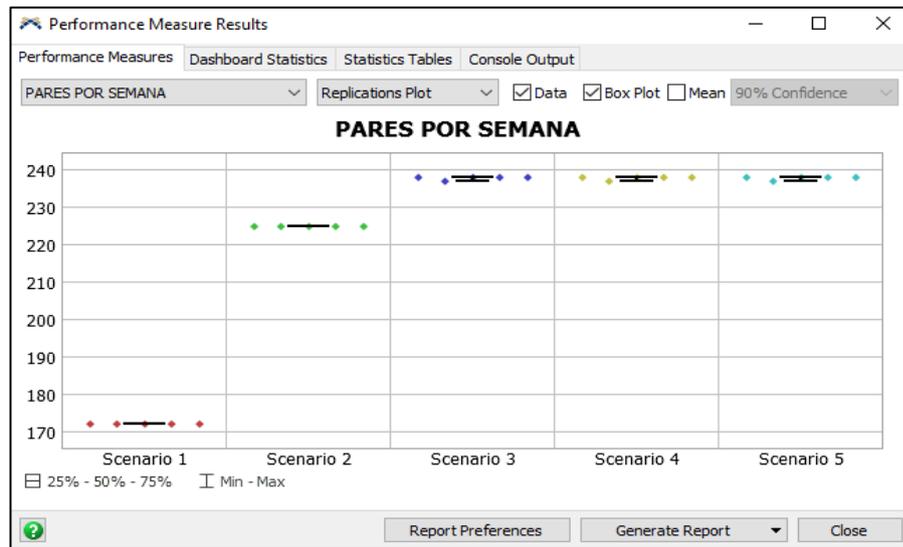


Figura 54. Resultados del Experimenter

	Mean (90% Confidence)	Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	N/A < 172.00 < N/A	0.00	172.00	172.00
Scenario 2	N/A < 225.00 < N/A	0.00	225.00	225.00
Scenario 3	237.37 < 237.80 < 238.23	0.45	237.00	238.00
Scenario 4	237.37 < 237.80 < 238.23	0.45	237.00	238.00
Scenario 5	237.37 < 237.80 < 238.23	0.45	237.00	238.00

Al determinar la capacidad en los escenarios experimentados la empresa no cuenta con el espacio suficiente para la incorporación de una estación más de aporado, por lo tanto, se desarrolla la simulación propuesta en base a la aplicación de las herramientas de MA, obteniendo los tiempos de procesamiento propuestos de la Tabla 39.

3.5.2. Simulación propuesta

Con el mismo procedimiento con el que se determinan las distribuciones para los procesos actuales, se realiza para cada proceso propuesto. Estos datos de igual manera son analizados en Experfit, y escoge la distribución que más se apege a los datos de los tiempos propuestos. Se desarrolla la creación de la Tabla 43 la cual muestra las distribuciones para todos los procesos propuestos.

Tabla 43 Distribuciones por procesos para simulación propuesta

Proceso	Desv	Distribución
Corte	6,72	johnsonbounded(179.162991, 263.826129, -0.319180, 3.020215,
Corte	16,26	beta(66.382853, 357.323178, 38.780115, 38.705825,
Rayado y Destallado	11,48	johnsonbounded(430.755070, 528.374016, -0.128483, 2.033387,
Aparado (2)	32,39	beta(1096.611674, 1508.609312, 20.766093, 16.234051,
Montaje	4,18	johnsonbounded(229.656140, 301.802324, 1.053194, 4.067134,
Empastado	11,10	johnsonbounded(364.230982, 489.266989, 0.034024, 2.721898,
Armado	6,59	inversegaussian(98.612098, 168.422418, 106512.447520,
Preparado de planta	9,02	johnsonbounded(251.325873, 340.618977, 0.211953, 2.459007,
Rayado y Cardado	4,02	weibull(147.874638, 14.563612, 3.830738,
Pegado de planta	8,24	lognormal2(0.000000, 508.161380, 0.016522,
Terminado y Empaquetado	9,43	johnsonbounded(293.757231, 456.759938, 0.044575, 4.329298,

Establecidos los parámetros anteriores, se analizan los resultados mostrados obtenidos de la simulación durante una semana para la situación propuesta.

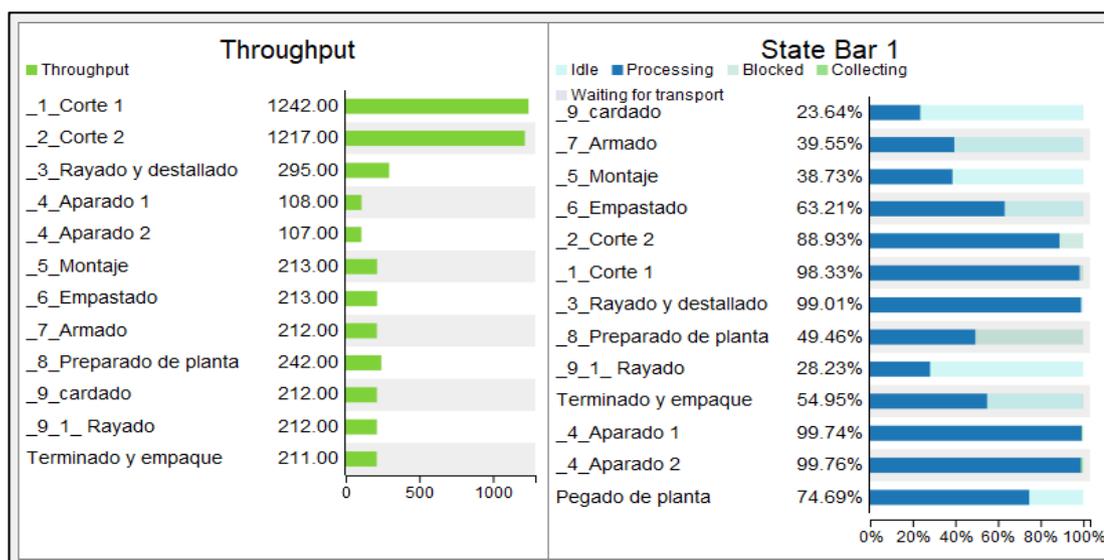


Figura 55. Resultados de simulación propuesta

Análisis:

La Figura 55 se muestra los resultados de la simulación, obteniendo como resultado una capacidad de 211 pares en terminado, limitado por el cuello de botella por una capacidad de 107 pares en el área de aparado, adicionalmente se evidencia una utilización del proceso de aparado de 99,74%, lo que indica que se continúa trabajando a la máxima capacidad.

3.6. Análisis de resultados

3.6.1. Productividad propuesta

Mediante las herramientas de MA propuestas dentro del procesos productivos de elaboración de calzado ortopédico, se espera alcanzar la meta propuestas por la empresa, que es una incrementación en la productividad. Para lo cual se realiza un nuevo cálculo de productividad tomando en cuenta los datos iniciales y propuestos establecidos en la Tabla 44.

Tabla 44 Datos para el cálculo de productividad propuesta

Datos generales	
Producción mensual	850 pares
Producción diaria	43,29 pares
Horas de trabajo	8 horas
Número de trabajadores	37 trabajadores
Costo de mano de obra mensual	500 \$
Costo de producción	38,33 \$/u
Precio de venta	67,20 \$
Costos Fijos	
Sueldos	18500 \$
Servicios básicos	489,24 \$
Gastos de comercialización	600 \$
Gastos indirectos	300 \$
Total	19889,24 \$
Costos Variables	
Materia prima	20000 \$
Insumos	3500 \$
Mantenimiento	500 \$
Total	24000 \$

Para determinar la productividad propuesta se aplica la Ecuación (8) y remplazan los datos de la Tabla 44. A diferencia de la productividad actual la productividad propuesta refleja un mayor índice de ganancias y rentabilidad.

$$Productividad = \frac{\# \text{ pares mensuales} * \text{Precio de venta}}{\text{Costos Fijos} + \text{Costos Variables}}$$

$$Productividad = \frac{850 \text{ pares} * 67,20 \$}{19889,24 \$ + 24000 \$}$$

$$Productividad\ propuesta = 1,30$$

3.6.2. Ratio de operaciones propuesto

Conocidas todas las actividades involucradas en la fabricación de calzado ortopédico establecidas en la Tabla 11, como son la cantidad total de actividades y el número de operaciones, siendo de 123 y 92 respectivamente, se puede calcular este indicador dividiendo el número de operaciones respecto al número total de actividades.

$$RO\ actual = \frac{92\ operaciones}{123\ actividades} * 100 = 74,79\%$$

$$RO\ propuesto = \frac{89\ operaciones}{104\ actividades} * 100 = 85,57\%$$

3.6.3. Discusión de resultados

El principal objetivo de este trabajo investigativo es proponer mejoras para el proceso productivo de calzado ortopédico basándose en la MA, de esta manera reducir todos o la mayoría de los desperdicios identificados y por lo tanto creando un incremento de la productividad, aclarando que estas mejoras son enfocadas a los procesos cuyas capacidades están restringidas, como es el proceso de aparado, rayado y destallado, pegado de planta y terminado. La realización de una simulación de estas mejoras indica que, gracias a la aplicación de herramientas de MA, reduciendo o eliminando desperdicios, la producción podría aumentar 39 pares por semana sin aumentar una estación de trabajo adicional en el cuello de botella, estableciendo un porcentaje de mejora de 22,67% respecto a la situación inicial como indica la Figura 57.

Al proponer la metodología 5s para el mejoramiento de la productividad, como concluyen otros trabajos investigativos, esta metodología es considerada una herramienta necesaria e imprescindible para la supervivencia de la empresa a través de los años, además para un buen desarrollo y crecimiento del área de producción, logrando determinar oportunamente los posibles cuellos de botella a tiempo.

Mediante las propuestas de mejora planteadas, se evidencia los cambios respecto a la situación inicial en cuanto a la disminución de desperdicios como señala el VSM propuesto especialmente el Lead time, el cual al comienzo tenía un tiempo

significativamente elevado de 111,17 horas indicando claramente una gran cantidad de inventarios entre procesos, en comparación con el propuesto con 70,22 horas reduciendo este tiempo de inventarios 40,95 horas. Además de una disminución del Takt time de 14,76 minutos cada unidad a 10,29 minutos cada unidad dando como resultado que la empresa tiene la capacidad de elaborar una mayor cantidad de pares de zapatos en un menor tiempo.

Además, como se evidencia en la Tabla 17 y 40 el método actual con el que trabaja la empresa LIWI tienen tiempos de valor agregado que representan del total un 73,35% a diferencia del método propuesto el cual aumenta el valor agregado a un 86,98%, estableciendo una mejora de los tiempos que agregan valor y una reducción a los tiempos que no agregan valor, obteniendo así nuevas capacidades de producción.

Establecidas estas mejoras se presenta en la Tabla 45, la cual muestra un incremento de producción dentro de estos procesos, teniendo especial atención al cuello de botella el cual incremento 41,68 pares a la semana como se observa en la Figura 56.

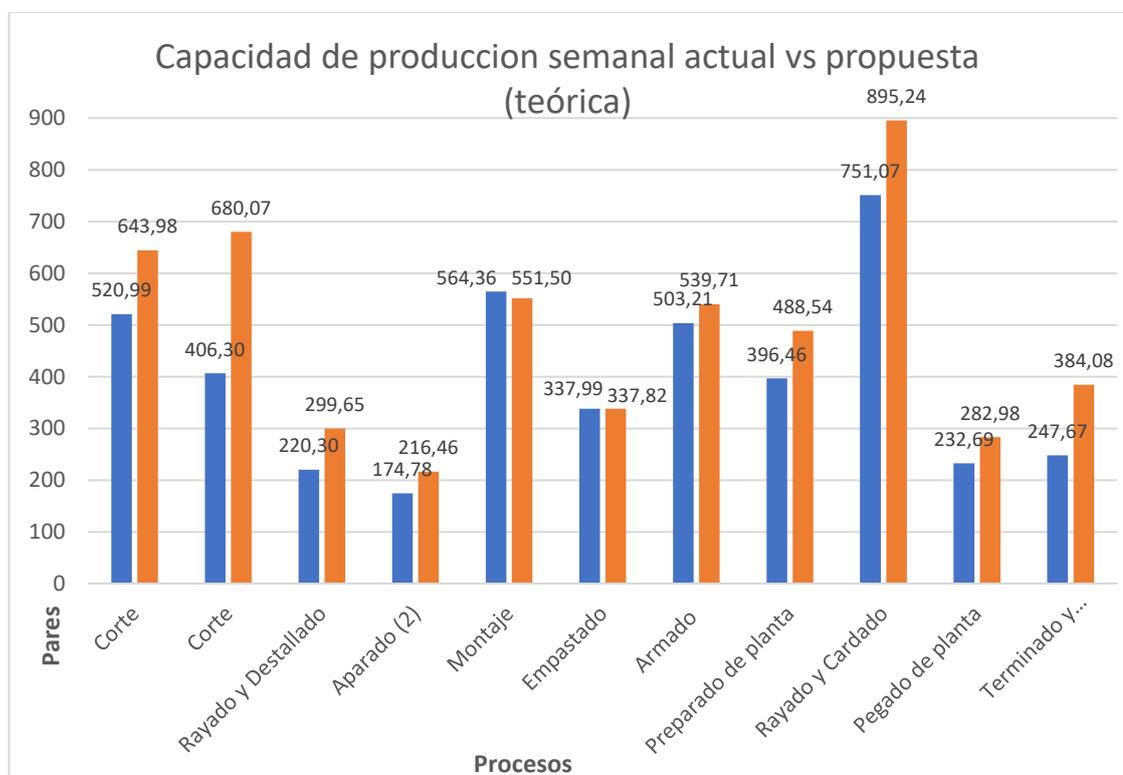


Figura 56. Capacidad de producción semanal propuesta

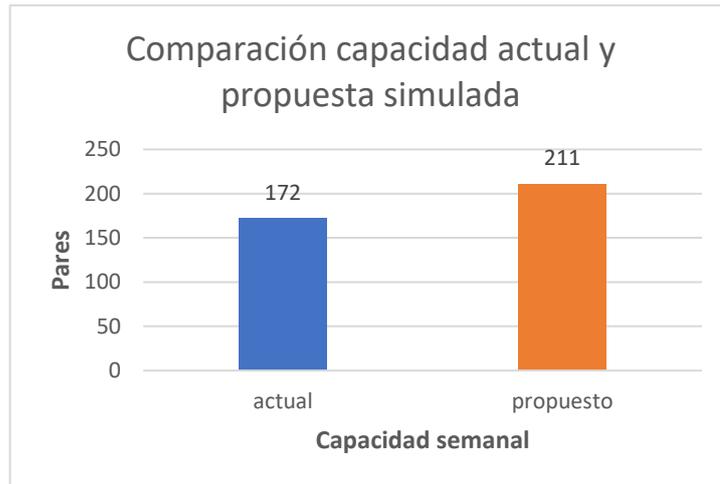


Figura 57. Resultados de simulación actual y propuesta

Tabla 45 Resumen de mejoras propuestas

Variables	Actual	Propuesto	Mejora
Indicadores			Mejora (Incremento)
Ratio de operaciones	74,79%	85,57%	10,78%
Ratio de valor añadido	0,45	0,99	120%
Productividad	1,27	1,30	2,36%
Producción diaria	35 u	43 u	22,86
Proceso			Mejora (Disminución)
Tiempo estándar	94,25 min	75,67 min	19,71%
Recorrido	213,82 m	31,7 m	85,17%
Takt Time	14,76 min/u	10,29 min/u	30,28%
Lead Time	111,17 h	70,22 h	36,84%
Tiempo que no agrega valor	109,61 h	68,97 h	37,08%
5's			Mejora (Incremento)
Clasificación	26,67 %	83,33 %	56,66%
Orden	23,33 %	66,67 %	43,34%
Limpieza	36,00 %	84,00 %	48,00%
Estandarización	32,00 %	84,00 %	52,00%
Disciplina	40,00 %	80,00 %	40,00%
Total	31,10%	67,41%	36,31%
SMED			Mejora (Disminución)
Tiempo de preparación de lote	18,95 min	5,75 min	69,66%
Tiempo de preparación de máquina	7,31 min	6,36 min	13,00%

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

El levantamiento de información realizado en la empresa LIWI Medical, muestra que para la producción de su calzado ortopédico con mayor demanda y por lo tanto de mayor impacto sobre su productividad actual, el modelo DE02, los métodos de trabajo actuales, procedimientos, recursos y mano de obra, no existe algún control sobre los desperdicios generados. Mediante herramientas de ingeniería industrial como son los diagramas sinópticos, de flujo, de recorrido y cursogramas analíticos se establece que actualmente se requieren 213,82 metros para transportar un par de zapatos por los 12 procesos productivos hasta su almacenamiento final en bodega, tomando 5,036 minutos realizar estos transportes. Por otra parte, al analizar los procesos que restringen la capacidad de producción, se determina que el proceso de aparado es el cuello de botella el cual consta de una capacidad de producción de 35 pares diarios, seguido por los demás procesos que restringen la producción como son el rayado y destallado, pegado de planta y terminado, cuyas capacidades de producción son 44, 46.5 y 49.5 pares diarios respectivamente, los cuales si no son controlados pueden convertirse en un nuevo cuello de botella.

La aplicación de la herramienta de diagnóstico: VSM determinó principalmente los desperdicios de mayor impacto dentro de los procesos productivos como son tiempos y movimientos innecesarios, inventarios y sobre procesamientos. Así mismo, se determinó que actualmente el takt time es de 14,76 minutos por par de zapatos, obteniendo un lead time de 111,17 horas, recalcando que existen actividades inmersas dentro de los procesos que también debe tomarse en cuenta y son analizadas a través del ratio de valor añadido, el cual muestra que el 73,35% de las actividades aportan

valor mientras que el 26,65% no aportan ningún valor al producto final, dando como resultado un índice RVA de 0,64

Se planteó la selección de herramientas de MA de acuerdo con las necesidades de la empresa y de acuerdo con los desperdicios identificados, siendo los de mayor beneficio e impacto, la herramienta 5s y SMED. Siendo las 5s un pilar para el comienzo de las futuras aplicaciones de las varias herramientas que ofrece la MA; la propuesta de solución para la aplicación de la metodología 5s establece crear un compromiso de mejora continua por parte de todos los involucrados en la elaboración de calzado ortopédico, estableciendo criterios de clasificación, orden, limpieza, dando lugar a una mejor presentación visual de la planta, con la finalidad de reducir los desperdicios de movimientos y transportes innecesarios, además se intenta convertir estos puntos en hábitos inculcando una cultura de autodisciplina a través del tiempo en base al compromiso por parte de los trabajadores. Así mismo la segunda herramienta propuesta para el mejoramiento del proceso productivo es la metodología SMED para la reducción o eliminación de los tiempos de preparación de lotes o maquinaria, logrando reducir exitosamente el tiempo de preparación de lote de 18,95 minutos a 5,75 minutos, además del tiempo de preparación de máquina de 7,31 minutos a 6,36 minutos, lo cual representa una reducción del 69,65% y 13% respectivamente.

La simulación evidencia que mediante las herramientas de MA propuestas y planteadas se logra obtener mejoras al reducir o eliminar los desperdicios presentes, obteniendo una producción semanal de 221 pares, aumentando 39 pares respecto a la situación inicial, sin aumentar una estación de trabajo adicional en el cuello de botella, estableciendo un porcentaje de mejora del 22,67%.

4.2. Recomendaciones

Se invita a la empresa a implementar las herramientas planteadas para lograr un mejor manejo de los procesos, orden y limpieza de la planta, además de la creación de una cultura de disciplina, consiguiendo buenos resultados a largo plazo

Si la empresa se decide en la implementación de las herramientas planteadas, se sugiere realizar constantes capacitaciones previas a la implementación de estas, para mejorar el entendimiento, comprensión de lo propuesto y lograr mejores resultados.

Se propone la continuación de futuros estudios para la aplicación de herramientas de manufactura ajustada, como son las herramientas de control y calidad, dependiendo de los criterios de la empresa.

Se recomienda realizar una gestión por procesos especialmente en el área operativa para identificar con mayor facilidad los procesos y por lo tanto estandarizarlos y documentarlos

Se aconseja a la empresa realizar un estudio de redistribución de instalaciones bajo un enfoque productivo y de seguridad debido a que existe muy poco espacio entre algunas áreas productivas y la adicción de otro puesto de trabajo se complica.

Si la empresa aplica la metodología 5s como una forma de trabajo, se sugiere mantener un constante control y una evaluación periódica sobre la aplicación de esta herramienta convirtiendo los estándares establecidos en una rutina diaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Gazoli de Oliveira y W. Rocha Junior, “Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in a medium-sized furniture industry: A case study”, *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 30, núm. 4, pp. 172–188, dic. 2019, doi: 10.7166/30-4-2112.
- [2] D. M. Cornelius dos Santos, B. K. dos Santos, y C. G. dos Santos, “Implementation of a standard work routine using Lean Manufacturing tools: A case Study”, *Gestao e Producao*, vol. 28, núm. 1, Brazilian Institute for Information in Science and Technology, pp. 1–15, 2019. doi: 10.1590/0104-530X4823-20.
- [3] N. M. Canahua, “Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica”, *Industrial Data*, vol. 24, núm. 1, pp. 49–76, ago. 2021, doi: 10.15381/idata.v24i1.18402.
- [4] A. S. Patil, M. v Pisal, y C. T. Suryavanshi, “Application of value stream mapping to enhance productivity by reducing manufacturing lead time in a manufacturing company: A case study”, *Journal of Applied Research and Technology*, vol. 19, núm. 1, pp. 311–319, ago. 2021, doi: 10.1016/j.jart.2017.02.005.
- [5] J. Cabrera, O. Corpus, F. Maradiegue, y J. C. Álvarez Merino, “Improving quality by implementing lean manufacturing, spc, and haccp in the food industry: A case study”, *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 31, núm. 4, pp. 194–207, 2020, doi: 10.7166/31-4-2363.
- [6] C. A. Tapia Tapia, “La manufactura esbelta y su influencia en la productividad en las medianas y grandes empresas del sector textil en el Distrito Metropolitano de Quito”, 2022.
- [7] S. Flores, “Mejoramiento del proceso productivo en la empresa el placer s.a. ubicada en el cantón Píllaro en base al desarrollo de la metodología 5’s y VSM, herramientas de Lean manufacturing”, Riobamba, 2018.
- [8] C. Chávez Pino, “Propuesta de implementación de la herramienta de manufactura esbelta Kanban en la línea de ensamblaje de baldes para la empresa ensambladora de vehículos Maresa”, Quito, 2015.
- [9] M. de los Á. Maldonado Beltrán, “Herramientas de manufactura esbelta para mejora de la productividad en confecciones Piscis.”, Ambato, 2020.
- [10] J. D. Chisaguano Rodríguez, “Optimización de los procesos de producción de calzado en la industria manufacturas de cuero Calzafer CIA. Ltda”, Ambato, 2017.
- [11] B. R. Maizancho Andrango, “Mejoramiento del proceso de producción de quesos en la empresa de lácteos “La Esencia” mediante herramientas de manufactura esbelta”, Ambato, 2021.
- [12] A. Sanchez y M. Perez, “Lean indicators and manufacturing strategies”, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, núm. 11, pp. 1433–1452, 2001.
- [13] L. Wilson, “How to implement lean manufacturing”, *McGraw-Hill*, pp. 45–197, 2010.
- [14] S. J. Pavnaskar y J. K. Gershenson, “Classification scheme for lean manufacturing tools”, *Int J Prod Res*, vol. 41, núm. 13, pp. 3075–3090, 2003.

- [15] C. Retamozo y E. J. Maldonado, “Mejora de la productividad aplicando el método Lean Manufacturing en los procesos de producción de empresas manufactureras”, Perú, 2018.
- [16] J. Vargas Hernández, G. Muratalla Bautista, y M. Jiménez Castillo, “Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?”, *Ingeniería Industrial Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. 17, pp. 1–23, 2016.
- [17] C. Cuggia Jiménez, E. Orozco Acosta, y D. Mendoza Galvis, “Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos”, Centro de Información Tecnológica, oct. 2020. doi: 10.4067/S0718-07642020000500163.
- [18] J. J. Ortiz Mayorga, “El comercio exterior de calzado y el producto interno bruto del Ecuador, año 2015”, Ambato, 2017.
- [19] L. Moreno Garcés, “Agenda Zonal”, 2017. [En línea]. Available: www.planificacion.gob.ec
- [20] J. M. Pardo Álvarez, *Gestión por procesos y riesgo operacional*. 2017.
- [21] O. Aguilera, “Guía de buenas prácticas para la gestión por procesos en instalaciones deportivas”, 2011.
- [22] J. Bravo, *Gestión por procesos*. Santiago de Chile: Editorial Evolución, 2009.
- [23] J. C. O. Guerrero y F. F. M. Uribe, “Gestión por procesos, indicadores y estándares para unidades de información”, Perú, 2017.
- [24] E. Fernández, *Estrategia de producción*. Madrid: Mc Graw Hill, 2006.
- [25] E. Cartier, *Como enseñar a determinar costos*. Argentina: Chivilcoy, 2013.
- [26] C. Naranjo, “Los procesos de producción y su incidencia en el costo del producto terminado de la empresa Metálicas Paper’s de la ciudad de Ambato en el año 2014”, 2015.
- [27] H. Harrington, *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill, 1993.
- [28] J. Arrieta, “Herramientas de producción Ayudas para el mejoramiento de los procesos productivos”, 2011.
- [29] J. Gregorio, V. Eugenia, y M. Romano, “Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia”, 2010.
- [30] Andalucía Emprende, “Cadena de Valor”.
- [31] J. Quintero y J. Sánchez, “La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico”, 2005.
- [32] M. Gómez, “Cadena de Valor”.
- [33] G. Pico, “El mapa de procesos: elemento fundamental de un sistema de gestión de calidad para empresas de servicios en Venezuela”, 2006.
- [34] R. García, *Estudio del trabajo Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*, 2da ed., vol. 2da. 2005.
- [35] K. Jijón, “Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa calzado Gabriel”, Ambato, 2013.
- [36] Haynard, *Manual del Ingeniero Industrial*, Cuarta edición. México: Mcgraw-Hill, 1996.
- [37] F. E. Meyers, *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*, Segunda edición., vol. 2da. 2000.
- [38] J. Heizer y B. Render, *Principios de administración de operaciones*, 7ma ed. PEARSON EDUCACIÓN, 2009.

- [39] R. Chase y R. Jacobs, *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*, 13ra ed. McGrawHill, 2009.
- [40] B. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial Métodos Estándares y Diseño del trabajo*, 10ma ed. McGrawHill, 2009.
- [41] OIT, *Introducción al Estudio del trabajo*, 2da ed.
- [42] S.D. Green, “Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction”, 2000.
- [43] J. Reyes, L. Morales, D. Aldas, A. Quilligana, R. Toasa, y R. Reyes, “Applying Lean Manufacturing Techniques to Distribution Requirements Planning in Ecuadorian Flour Industry”, *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, pp. 1–5, 2018.
- [44] D. C. Wilson, A. O. Araba, K. Chinwah, y C. R. Cheeseman, “Building recycling rates through the informal sector”, *Waste Management*, vol. 29, núm. 2, pp. 629–635, feb. 2009, doi: 10.1016/J.WASMAN.2008.06.016.
- [45] H. Katayama y D. Bennett, “Lean production in a changing competitive world: A Japanese perspective”, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, núm. 2, pp. 8–23, 1996.
- [46] A. Nassereddine y A. Wehbe, “Competition and resilience: Lean manufacturing in the plastic industry in Lebanon”, *Arab Economic and Business Journal*, vol. 13, núm. 2, pp. 179–189, dic. 2018, doi: 10.1016/J.AEBJ.2018.11.001.
- [47] A. S. Tejada, “Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos”, *Cienc Soc*, vol. XXXVI, núm. 2, pp. 276–310, abr. 2011, [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757005>
- [48] F. González, “Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas”, *Revista Panorama Administrativo*, vol. 1, núm. 2, Mexico, pp. 1–14, jun. 02, 2007.
- [49] J. Liker y D. Meier, *O modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- [50] J. Reyes, J. Mula, y M. Díaz-Madroñero, “Development of a conceptual model for lean supply chain planning in industry 4.0: multidimensional analysis for operations management”, *Production Planning and Control*, 2021, doi: 10.1080/09537287.2021.1993373.
- [51] J. Reyes, J. Mula, y M. Madroñero, “The potential of Industry 4.0 in Lean Supply Chain Management”, *International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management (ICIEIM) – XXV Congreso de Ingeniería de Organización (CIO2021)*, 2021.
- [52] P. Winter y M. Contreras, “Evaluación bajo simulación de un sistema Just in Time”, 2009.
- [53] D. Antonelli y D. Stadnicka, “Combining factory simulation with value stream mapping: a critical discussion”, *Procedia CIRP*, vol. 67, pp. 30–35, ene. 2018, doi: 10.1016/J.PROCIR.2017.12.171.
- [54] D. Ortiz, “Modelo de implementación del sistema de manufactura esbelta para la optimización de los procesos de producción textil”, Ambato, 2018.
- [55] C. Mendes, C. Reis Da Silva, D. Cantanhêde Costa, “Jidoka: Pilar de sustentação do sistema Toyota de produção nas organizações”, SÃO LUÍS, 2013.
- [56] A. Htun, T. Maw, C. Khaing, “Lean Manufacturing, Just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS)”, *International Journal of Scientific Engeneeting and Technology Research*, vol. 08, pp. 469–474, ene. 2019.

- [57] Z. T. Şimşit, N. S. Günay, y Ö. Vayvay, “Theory of Constraints: A Literature Review”, *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 150, pp. 930–936, sep. 2014, doi: 10.1016/J.SBSPRO.2014.09.104.
- [58] K. Alvarez, D. Aldas, y J. Reyes, “Towards Lean Manufacturing from Theory of Constraints: A Case Study in Footwear Industry”, *International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)*, pp. 1–8, 2017.
- [59] Peter P. Feng y Glenn Ballard, “Standard Work from a Lean Theory Perspective”, *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, vol. 16, pp. 703–712, 2008.
- [60] M. Tekin, M. Arslandere, y M. Etlioğlu, “An application of SMED and Jidoka in lean production”, *The International Symposium for Production Research*, pp. 530–545, ago. 2018.
- [61] E. E. Orozco y J. E. Cervera, “Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el uso de la Simulación de Procesos”, 2013.
- [62] A. Guasch, “*Modelado y Simulación*”, aplicación a procesos lógicos de fabricación y servicios, Primera edición. 2002.
- [63] J. García y R. Guerrero, “Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial”, 2020. [En línea]. Available: www.riiit.com.mx
- [64] K. Pérez, “Modelo de simulación para medir la productividad en el proceso de elaboración de calzado de la empresa STROCALZA”, Ambato, 2019.
- [65] J. Reyes *et al.*, *A Study on Modeling and Simulation of Automobile Painting Process Based on Flexsim*, vol. 1078. International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-33614-1_18.
- [66] H. Abril, “La Metodología de la Investigación”, *Elaboración de Proyectos*, pp. 31–36.
- [67] Rommel Velastegui, Cesar Rosero, Carlos Sánchez, y John Reyes, “Evaluación de alternativas para uso de recursos públicos en emergencias mayores usando proceso jerárquico analítico (AHP): caso de estudio Cantón de Ambato”, *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, pp. 159–172, oct. 2019.

ANEXOS

Anexo 1: ABC de líneas de calzado ortopédico manejadas por LIWI del año 2019 al 2021

Tabla 46 Clasificación por línea de calzado ortopédico ABC de los años 2019 al 2021

No.	Líneas de calzado ortopédico	Venta de pares	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado	Clasificación	%
1	Escolar	4928	4928	41,52%	A	71,3%
2	Terapia	2003	6931	58,39%	A	
3	Para pie diabético	1527	8458	71,26%	A	
4	Casual	1475	9933	83,68%	B	21,9%
5	Deportivo	728	10661	89,81%	B	
6	Biogateo	395	11056	93,14%	B	
7	Sandalías fisiológicas	359	11415	96,17%	C	6,9%
8	Sandalías	271	11686	98,45%	C	
9	Laboral	102	11788	99,31%	C	
10	Fisiológico casual	43	11831	99,67%	C	
11	Personalizado	39	11870	100,00%	C	
	TOTAL	11870				100,0%

Anexo 2: Maquinaria usada para la fabricación de calzado ortopédico

Tabla 47 Descripción de maquinaria

No.	Proceso	Máquina	Imagen
1	Corte	Troqueladora manual	
2	Preparado de plantilla	Troqueladora manual	

Tabla 47 Descripción de maquinaria (continuación)

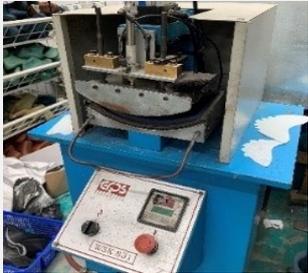
No.	Proceso	Máquina	Imagen
3	Destallado	Destalladora para embolsado	
4	Destallado	Destalladora para doblado	
5	Aparado	Máquina de coser 1	
6	Aparado	Máquina de coser 2	
7	Montaje	Conformadora de talones	
8	Montaje	Preformadora de punta	
9	Armado	Reactivadora de puntas	

Tabla 47 Descripción de maquinaria (continuación)

No.	Proceso	Máquina	Imagen
10	Armado	Armadora de puntas	
11	Armado	Reactivadora de talones	
12	Armado	Cerradora de costados	
13	Armado	Cerradora de talones	
14	Preparado de planta	Destalladora	

Tabla 47 Descripción de maquinaria (continuación)

No.	Proceso	Máquina	Imagen
15	Cardado	Cardadora de planta	
16	Pegado de planta	Reactivadora de propiedades	
19	Pegado de planta	Prensadora	
20	Pegado de planta	Enfriadora	

Anexo 3: Tabla General Electric Company

Tabla 48 Tabla general electric para estudio de tiempos

Tiempo de ciclo (minutos)	Número de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	4
Mayor a 40.00	3

Anexo 4: Calculo de tiempos estándar de cada subproceso

Tabla 49 Cálculo de tiempo estándar Punta y contrafuerte

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR													
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1						
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022						
Descripción de Actividad													
Proceso:	Corte					Operarios:	1						
Subproceso:	Punta y contrafuerte					Maquinaria:							
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par						
Nº	Actividad												
1	Trasportar plancha de contrafuerte y punta al área de corte												
2	Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente												
3	Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente												
4	Trasportar punta y contrafuerte al área de montaje												
Toma de tiempos (seg)													
Nº	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	22,71	21,90	22,72	22,97	23,85	21,76	20,57	22,53	20,07	21,87	22,10		
2	7,50	7,22	6,25	6,41	8,79	7,41	6,67	6,50	7,90	7,90	7,25		
3	7,87	8,12	8,11	7,58	8,42	7,77	7,89	8,29	6,41	6,58	7,70		
4	10,74	10,35	11,84	9,96	10,59	10,89	9,42	12,38	9,22	11,57	10,70		
Tiempo observado (seg):										47,75			
Factor de desempeño				Suplementos									
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		B2	0,11	Necesidades Personales		7		De pie		4			
Esfuerzo		C1	0,08					Postura		1			
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		1			
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =	47,75							Concentración		2			
FD =	0,22							Ruido		2			
TN =	58,25							Tensión mental		1			
S (%) =	24,00							Monotonía		1			
TS =	72,24							seg		Tedio		1	

Tabla 50 Cálculo de tiempo estándar formación de plantilla

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR												
Elaborado:	Josué Idrobo				Hoja:	1						
Método:	Actual				Fecha:	21/6/2022						
Descripción de Actividad												
Proceso:	Corte				Operarios:	1						
Subproceso:	Formación de plantilla				Maquinaria:							
Cronometraje:	Puesta a cero				Cantidad:	1 par						
Nº	Actividad											
1	Trasportar rack de materia prima (plantillas) al área de corte											
2	Recortar espuma de plantilla y almacenar en rack											
3	Codificar espuma											
4	Recortar sintético y almacenar											
5	Codificar sintético											
6	Recortar tafilete de cuero											
7	Troquelar tafilete de cuero											
8	Trasportar tafilete a la máquina estampadora											
9	Estampar logo en tafilete											
10	Codificar tafiletes											
11	Trasportar tafilete estampados a rack											
Toma de tiempos (seg)												
Nº	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ	
1	41,52	43,51	44,17	40,12	44,30	42,38	40,75	41,31	39,66	41,92	41,96	
2	32,65	33,45	30,35	29,79	33,37	31,59	29,61	32,45	34,73	31,55	31,95	
3	0,85	0,79	0,93	0,96	1,12	1,30	0,71	0,92	1,25	0,72	0,96	
4	18,81	17,69	23,16	22,71	18,02	22,05	23,86	18,10	19,97	17,97	20,23	
5	2,39	2,61	3,35	2,31	3,38	2,63	2,55	3,24	2,72	3,55	2,87	
6	33,62	33,11	30,82	31,48	32,87	31,71	31,61	29,08	30,12	32,29	31,67	
7	17,08	17,11	16,03	17,94	15,75	18,59	18,13	17,93	18,98	17,96	17,55	
8	8,86	8,52	8,77	8,80	7,76	7,33	7,12	8,64	8,97	8,66	8,34	
9	21,48	17,68	17,90	20,69	19,61	18,20	22,96	17,96	17,97	19,87	19,43	
10	2,26	3,24	2,34	3,46	2,41	2,86	3,34	2,05	2,84	3,79	2,86	
11	8,30	8,81	8,76	8,42	9,77	8,96	8,46	7,69	8,09	9,66	8,69	
Tiempo observado (seg):										186,53		
Factor de desempeño				Suplementos								
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor		
Habilidad		B2	0,11	Necesidades Personales		7		De pie		4		
Esfuerzo		C1	0,08					Postura		1		
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		1		
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0		
Cálculo de tiempos								Calidad aire				0
TO =	186,53							Concentración				2
FD =	0,22							Ruido				2
TN =	227,56							Tensión mental				1
S (%) =	24,00							Monotonía				1
TS =	282,18							Tedio				1

Tabla 51 Cálculo de tiempo estándar rayado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR												
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1					
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022					
Descripción de Actividad												
Proceso:	Rayado y Destallado					Operarios:	1					
Subproceso:	Rayado					Maquinaria:						
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par					
Nº	Actividad											
1	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas											
2	Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero											
Toma de tiempos (seg)												
Nº	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ	
1	141,25	136,24	138,09	135,80	137,67	141,97	136,48	141,96	138,87	140,38	138,87	
2	37,30	44,61	43,49	38,54	37,28	35,08	37,93	35,86	38,55	41,42	39,01	
Tiempo observado (seg):										177,88		
Factor de desempeño				Suplementos								
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor		
Habilidad		B2	0,08	Necesidades Personales		7		De pie		0		
Esfuerzo		C1	0,10					Postura		1		
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		1		
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0		
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0		
TO =	177,88							Concentración		2		
FD =	0,21							Ruido		2		
TN =	215,23							Tensión mental		1		
S (%) =	20,00							Monotonía		1		
TS =	258,28					seg		Tedio		1		

Tabla 52 Cálculo de tiempo estándar destallado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR												
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1					
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022					
Descripción de Actividad												
Proceso:	Rayado y Destallado					Operarios:	1					
Subproceso:	Destallado					Maquinaria:						
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par					
Nº	Actividad											
1	Destallar bordes tipo tumbado											
2	Destallar bordes tipo embolsado											
3	Codificar todas las piezas											
4	Inspeccionar piezas											

5	Almacenar piezas codificadas											
6	Trasportar piezas al área de aparado											
Toma de tiempos (seg)												
Nº	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ	
1	43,05	42,22	41,88	41,27	40,71	39,87	40,26	43,55	41,15	41,90	41,59	
2	180,47	176,14	182,13	180,39	181,99	180,13	182,96	182,36	182,87	176,89	180,63	
3	34,51	36,93	36,39	35,82	35,83	34,61	35,69	34,86	34,75	36,34	35,57	
4	5,65	5,98	4,67	4,63	6,52	5,74	5,66	6,21	4,95	6,89	5,69	
5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
6	8,67	8,83	9,32	9,81	8,89	7,35	8,25	8,33	8,94	9,80	8,82	
Tiempo observado (seg):										272,3		
Factor de desempeño				Suplementos								
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor		
Habilidad		B2	0,08	Necesidades Personales		7		De pie		0		
Esfuerzo		B1	0,10					Postura		1		
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		1		
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0		
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0		
TO =	272,30						Concentración		2			
FD =	0,21						Ruido		2			
TN =	329,48						Tensión mental		1			
S (%) =	20,00						Monotonía		1			
TS =	395,38						seg		Tedio		1	

Tabla 53 Cálculo de tiempo estándar aparado talón

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR				
Elaborado:	Josué Idrobo	Hoja:	1	
Método:	Actual	Fecha:	21/6/2022	
Descripción de Actividad				
Proceso:	Aparado	Operarios:	1	
Subproceso:	Aparado de talón	Maquinaria:		
Cronometraje:	Puesta a cero	Cantidad:	1 par	
Nº	Actividad			
1	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos			
2	Cosier cara externa de ensamble A			
3	Doblar costuras de ensamble A			
4	Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio y secar			
5	Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento dejar secar y unir (ensamble B)			
6	Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)			
7	Tomar el ensamble C, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)			
8	Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)			
9	Tomar el ensamble E, coser uniones			
Toma de tiempos (seg)				

N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	7,84	9,20	10,18	9,25	8,23	9,79	9,87	8,36	8,98	9,43	9,11		
2	27,55	25,95	27,01	26,26	25,82	26,50	28,16	26,61	26,24	26,27	26,64		
3	7,81	8,11	7,76	8,72	6,61	6,77	7,73	6,89	8,46	8,37	7,72		
4	17,62	17,22	18,18	17,32	16,63	19,19	18,37	18,65	18,96	18,19	18,03		
5	47,65	48,37	47,54	48,07	47,15	47,53	48,45	47,09	47,38	48,48	47,77		
6	16,61	15,39	16,67	16,33	17,32	16,79	15,23	17,14	16,04	17,22	16,47		
7	24,47	23,27	24,79	23,29	24,68	22,97	23,99	23,15	24,07	23,70	23,84		
8	21,66	22,03	22,69	22,42	21,67	21,38	22,60	22,83	22,49	21,64	22,14		
9	48,76	47,08	47,62	48,90	46,36	47,81	47,99	48,84	49,06	48,82	48,12		
Tiempo observado (seg):										219,85			
Factor de desempeño				Suplementos									
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		A2	0,13	Necesidades Personales		5		De pie		2			
Esfuerzo		B1	0,10					Postura		0			
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		B	0,03					Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =		219,85						Concentración		2			
FD =		0,28						Ruido		2			
TN =		281,41						Tensión mental		1			
S (%) =		19,00						Monotonía		1			
TS =		334,88						seg		Tedio		2	

Tabla 54 Cálculo de tiempo estándar aparado de cuello

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:		Josué Idrobo		Hoja:		1					
Método:		Actual		Fecha:		21/6/2022					
Descripción de Actividad											
Proceso:		Aparado		Operarios:		1					
Subproceso:		Aparado de cuello		Maquinaria:							
Cronometraje:		Puesta a cero		Cantidad:		1 par					
Actividad											
N°											
1	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)										
2	Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)										
3	Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar										
4	Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello										
5	Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)										
Toma de tiempos (seg)											
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	30,03	30,23	29,79	29,65	28,88	29,58	29,56	29,12	29,78	30,94	29,76
2	21,19	22,33	21,38	22,23	22,04	21,83	21,43	20,84	21,94	22,22	21,74
3	10,46	9,77	10,39	9,32	9,09	10,17	9,22	9,80	11,27	10,73	10,02
4	79,22	77,99	79,04	77,00	77,59	77,63	76,83	80,38	78,07	79,00	78,28
5	32,38	32,63	32,31	32,06	32,00	32,26	32,93	32,44	33,35	31,96	32,43

Factor de desempeño		Tiempo observado (seg):		172,23		
Criterios	Valor		Suplementos			
	Constantes	Valor	Variables		Valor	
Habilidad	A2	0,13	Necesidades Personales	5	De pie	2
Esfuerzo	B1	0,10			Postura	0
Condiciones	C	0,02	Fatiga	4	Fuerza	0
Consistencia	B	0,03			Iluminación	0
Cálculo de tiempos					Calidad aire	0
TO =	172,23				Concentración	2
FD =	0,28				Ruido	2
TN =	220,45				Tensión mental	1
S (%) =	19,00				Monotonía	1
TS =	262,34		seg		Tedio	2

Tabla 55 Cálculo de tiempo estándar aparado de capellada

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo	Hoja:	1								
Método:	Actual	Fecha:	21/6/2022								
Descripción de Actividad											
Proceso:	Aparado	Operarios:	1								
Subproceso:	A. de capellada	Maquinaria:									
Cronometraje:	Puesta a cero	Cantidad:	1 par								
N°	Actividad										
1	Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)										
2	Tomar ensamble I, realizar cosido										
3	Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar										
4	Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar										
5	Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa										
6	Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)										
7	Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos										
8	Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir										
9	Cosier borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos										
10	Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta										
11	Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales										
12	Trasportar ensamble J al compresor de ojales										
13	Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos										
14	Trasportar ensamble J con ojales al área de aparado										
Toma de tiempos (seg)											
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	28,41	27,57	28,39	27,08	28,08	29,26	28,12	27,89	28,03	29,05	28,19
2	17,14	17,80	17,07	17,28	16,31	17,62	17,06	17,66	16,49	17,39	17,18
3	9,94	10,68	10,49	11,84	11,05	10,30	11,89	9,82	10,10	11,15	10,73
4	10,43	9,21	10,29	9,43	9,11	10,98	9,37	10,23	10,58	9,69	9,93

5	2,72	3,43	2,93	4,07	2,65	3,98	2,57	2,44	3,41	3,53	3,17		
6	30,58	29,63	30,85	31,70	31,11	31,27	29,85	31,60	30,89	30,14	30,76		
7	20,64	18,77	20,56	19,05	19,59	18,91	20,54	18,15	19,03	20,08	19,53		
8	40,49	39,95	40,27	41,25	39,64	40,28	41,16	40,63	40,66	39,80	40,41		
9	31,90	32,57	32,30	32,84	32,19	32,90	30,73	32,55	31,37	32,38	32,17		
10	42,79	43,79	42,97	43,87	42,76	43,25	43,61	43,76	43,91	42,20	43,29		
11	43,24	45,17	43,58	41,90	44,33	42,38	42,91	42,47	43,07	43,04	43,21		
12	11,79	10,82	12,02	12,52	12,30	11,77	13,21	10,75	11,76	11,22	11,82		
13	81,56	82,71	83,06	82,48	82,97	82,24	81,20	81,34	83,21	82,36	82,31		
14	10,96	12,61	11,28	14,09	12,59	12,34	10,28	14,19	12,28	13,06	12,37		
Tiempo observado (seg):									385,08				
Factor de desempeño				Suplementos									
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		A2 0,13		Necesidades Personales		5		De pie		2			
Esfuerzo		B1 0,10						Postura		0			
Condiciones		C 0,02		Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		B 0,03						Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =		385,08						Concentración		2			
FD =		0,28						Ruido		2			
TN =		492,90						Tensión mental		1			
S (%) =		19,00						Monotonía		1			
TS =		586,55						seg		Tedio		2	

Tabla 56 Cálculo de tiempo estándar aparado de lengüeta

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR				
Elaborado:	Josué Idrobo	Hoja:	1	
Método:	Actual	Fecha:	21/6/2022	
Descripción de Actividad				
Proceso:	Aparado	Operarios:	1	
Subproceso:	A. de lengüeta	Maquinaria:		
Cronometraje:	Puesta a cero	Cantidad:	1 par	
N°	Actividad			
1	Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)			
2	Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos			
3	Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente			
4	Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera			
5	Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L			
6	Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno			
7	Recortar forro sobrante en los extremos y hilos de la lengüeta			
8	Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos			
Toma de tiempos (seg)				

N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ	
1	2,58	3,53	4,30	0,37	0,89	3,68	0,11	2,04	2,21	3,29	2,30	
2	9,57	9,94	8,44	9,95	9,44	7,81	8,75	8,54	9,92	7,99	9,04	
3	28,08	27,23	26,77	28,58	28,25	29,54	25,88	26,44	29,76	25,21	27,57	
4	24,49	24,60	22,78	24,89	25,86	24,98	25,34	26,76	23,19	25,78	24,87	
5	11,57	12,40	10,74	12,36	13,65	13,32	12,27	10,21	11,70	11,98	12,02	
6	19,96	20,57	18,15	21,33	18,56	21,73	19,64	18,55	19,88	19,81	19,82	
7	17,47	16,59	18,48	15,78	19,53	15,59	15,77	16,81	17,14	17,85	17,10	
8	60,23	61,19	60,24	62,57	61,63	60,14	62,06	61,94	61,44	62,51	61,40	
Tiempo observado (seg):									174,11			
Factor de desempeño			Suplementos									
Crterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor		
Habilidad		A2	0,13	Necesidades		5		De pie		2		
Esfuerzo		B1	0,10	Personales				Postura		0		
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		0		
Consistencia		B	0,03					Iluminación		0		
Cálculo de tiempos									Calidad aire		0	
TO =	174,11									Concentración		2
FD =	0,28									Ruido		2
TN =	222,86									Tensión mental		1
S (%) =	19,00									Monotonía		1
TS =	265,20									Tedio		2

Tabla 57 Cálculo de tiempo estándar aparado de plantilla

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo		Hoja:	1							
Método:	Actual		Fecha:	21/6/2022							
Descripción de Actividad											
Proceso:	Aparado		Operarios:	1							
Subproceso:	A. de plantilla		Maquinaria:								
Cronometraje:	Puesta a cero		Cantidad:	1 par							
N°	Actividad										
1	Tomar las piezas 17, 18, 19, colocar pegamento, dejar secar y unir (ensamble N)										
2	Cosar ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta informativa										
3	Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos										
4	Inspeccionar aparado del zapato										
5	Trasportar zapato aparado al área de montaje										
Toma de tiempos (seg)											
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	49,02	47,43	50,23	48,86	48,35	48,10	49,24	49,40	49,28	47,82	49,02
2	31,93	31,00	31,78	32,35	31,34	30,86	31,84	32,63	31,46	32,37	31,93
3	36,15	37,03	36,88	35,90	36,96	37,06	37,66	36,29	37,54	37,51	36,15
4	5,19	4,28	4,79	5,89	5,74	5,13	5,388	5,99	4,31	4,45	5,19
5	6,03	7,46	7,16	7,57	8,13	8,32	7,46	7,89	7,20	8,63	6,03
Tiempo observado (seg):									130,13		
Factor de desempeño			Suplementos								

Criterios	Valor		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	A2	0,13	Necesidades Personales	5	De pie	2
Esfuerzo	B1	0,10			Postura	0
Condiciones	C	0,02	Fatiga	4	Fuerza	0
Consistencia	B	0,03			Iluminación	0
Cálculo de tiempos					Calidad aire	0
TO =	130,13			Concentración	2	
FD =	0,28			Ruido	2	
TN =	166,56			Tensión mental	1	
S (%) =	19,00			Monotonía	1	
TS =	198,21			seg	Tedio	2

Tabla 58 Cálculo de tiempo estándar montaje de talón

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR													
Elaborado:		Josué Idrobo				Hoja:		1					
Método:		Actual				Fecha:		21/6/2022					
Descripción de Actividad													
Proceso:		Montaje				Operarios:		1					
Subproceso:		M. de Talón				Maquinaria:							
Cronometraje:		Puesta a cero				Cantidad:		1 par					
N°	Actividad												
1	Tomar el zapato, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora												
2	Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón												
Toma de tiempos (seg)													
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	60,21	61,58	62,04	60,99	60,51	62,28	60,48	59,82	59,41	61,27	60,86		
2	60,13	62,04	60,13	61,52	58,75	59,11	58,96	61,33	60,18	60,84	60,30		
Tiempo observado (seg):										121,16			
Factor de desempeño				Suplementos									
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		C1 0,06		Necesidades Personales		5		De pie		2			
Esfuerzo		B2 0,08						Postura		0			
Condiciones		C 0,02		Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		C 0,01						Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =		121,16						Concentración		0			
FD =		0,17						Ruido		2			
TN =		141,75						Tensión mental		1			
S (%) =		17,00						Monotonía		1			
TS =		165,85						seg		Tedio		2	

Tabla 59 Cálculo de tiempo estándar montaje de punta

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR													
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1						
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022						
Descripción de Actividad													
Proceso:	Montaje					Operarios:	1						
Subproceso:	M. de Punta					Maquinaria:							
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par						
N°	Actividad												
1	Tomar punta y colocar pegamento												
2	Pensar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil												
Toma de tiempos (seg)													
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	4,78	5,46	4,89	6,18	5,98	5,35	5,20	4,84	5,21	6,55	5,44		
2	60,13	58,11	59,15	62,54	61,48	59,33	58,59	61,23	58,22	59,14	59,79		
Tiempo observado (seg):										65,24			
Factor de desempeño				Suplementos									
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		C1	0,06	Necesidades Personales		5		De pie		2			
Esfuerzo		B2	0,08					Postura		0			
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =	65,24							Concentración		0			
FD =	0,17							Ruido		2			
TN =	76,33							Tensión mental		1			
S (%) =	17,00							Monotonía		1			
TS =	89,30							seg		Tedio		2	

Tabla 60 Cálculo de tiempo estándar preparado de horma

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1				
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022				
Descripción de Actividad											
Proceso:	Empastado					Operarios:	1				
Subproceso:	Preparar horma					Maquinaria:					
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par				
N°	Actividad										
1	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas										
2	Colocar pegamento en la parte interna del zapato										
3	Insertar horma										

4	Ajustar horma con pasadores y alfileres											
5	Recortar rebabas de punta											
Toma de tiempos (seg)												
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ	
1	50,31	53,27	50,06	52,19	53,26	50,93	53,08	54,83	54,73	53,69	52,64	
2	28,57	28,61	26,33	27,33	27,29	28,40	27,67	27,16	25,15	28,75	27,53	
3	36,33	37,23	36,82	36,44	36,27	37,07	35,93	36,66	36,43	37,88	36,71	
4	71,26	68,32	69,54	69,54	72,24	72,63	68,08	70,83	71,65	69,78	70,39	
5	28,33	25,19	26,56	26,24	28,29	25,72	25,52	25,93	26,89	28,47	26,71	
Tiempo observado (seg):									213,97			
Factor de desempeño				Suplementos								
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor		
Habilidad		C1	0,06	Necesidades Personales		5		De pie		0		
Esfuerzo		B2	0,08					Postura		0		
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		0		
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0		
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0		
TO =	213,97						Concentración		0			
FD =	0,17						Ruido		2			
TN =	250,34						Tensión mental		1			
S (%) =	15,00						Monotonía		1			
TS =	287,89						seg		Tedio		2	

Tabla 61 Cálculo de tiempo estándar empastado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo		Hoja:	1							
Método:	Actual		Fecha:	21/6/2022							
Descripción de Actividad											
Proceso:	Empastado		Operarios:	1							
Subproceso:	Empastado		Maquinaria:								
Cronometraje:	Puesta a cero		Cantidad:	1 par							
N°	Actividad										
1	Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato										
2	Colocar pegamento en cambiión y ortesis										
3	Unir cambiión a plantilla, colocar pegamento										
4	Unir ortesis al cambiión										
5	Inspeccionar empastado del zapato										
Toma de tiempos (seg)											
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	51,19	52,37	51,67	52,69	52,95	50,37	50,69	52,92	53,84	53,90	52,26
2	17,20	18,39	17,81	19,90	16,69	17,19	18,80	18,59	19,93	17,14	18,16
3	21,17	22,04	21,49	20,96	21,83	22,47	22,16	22,18	19,95	22,45	21,67
4	5,44	4,93	5,21	5,60	5,82	5,96	4,63	4,61	4,66	6,42	5,33
5	4,48	4,20	3,76	5,24	4,75	5,22	6,98	6,48	5,14	6,30	5,26

Factor de desempeño				Suplementos		
Crterios	Valor		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	C1	0,06	Necesidades Personales	5	De pie	0
Esfuerzo	B2	0,08			Fuerza	0
Condiciones	C	0,02	Fatiga	4	Iluminación	0
Consistencia	C	0,01			Calidad aire	0
Cálculo de tiempos					Concentración	0
TO =	102,68			Ruido	2	
FD =	0,17			Tensión mental	1	
TN =	120,13			Monotonía	1	
S (%) =	15,00			Tedio	2	
TS =	138,15			seg		

Tabla 62 Cálculo de tiempo estándar armado de punta

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR												
Elaborado:	Josué Idrobo				Hoja:	1						
Método:	Actual				Fecha:	21/6/2022						
Descripción de Actividad												
Proceso:	Armado				Operarios:	1						
Subproceso:	Armado de Punta				Maquinaria:							
Cronometraje:	Puesta a cero				Cantidad:	1 par						
N°	Actividad											
1	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas											
2	Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil											
Toma de tiempos (seg)												
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ	
1	44,38	47,11	45,67	46,34	48,46	47,47	50,19	50,10	45,31	49,13	47,42	
2	36,39	36,89	40,11	38,71	40,03	38,90	40,61	36,22	38,04	36,95	38,29	
Tiempo observado (seg):										85,70		
Factor de desempeño				Suplementos								
Crterios	Valor		Constantes	Valor	Variables		Valor					
Habilidad	A2	0,13	Necesidades Personales	5	De pie		2					
Esfuerzo	B2	0,08			Postura		0					
Condiciones	C	0,02	Fatiga	4	Fuerza		0					
Consistencia	B	0,03			Iluminación		0					
Cálculo de tiempos										Calidad aire	0	
TO =	85,70										Concentración	0
FD =	0,26										Ruido	2
TN =	107,98										Tensión mental	1
S (%) =	17,00										Monotonía	1
TS =	126,34										seg	
										Tedio	2	

Tabla 63 Cálculo de tiempo estándar armado de talón

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1				
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022				
Descripción de Actividad											
Proceso:	Armado					Operarios:	1				
Subproceso:	Armado de Talón					Maquinaria:					
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par				
Nº	Actividad										
1	Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar										
2	Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora										
3	Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil										
4	Inspeccionar armado del zapato										
Toma de tiempos (seg)											
Nº	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	60,36	62,23	61,76	61,80	60,99	62,40	60,89	61,93	59,75	59,88	61,20
2	21,15	20,4	21,1	21,82	22,22	19,72	21,48	20,78	21,14	19,82	20,96
3	24,45	23,14	23,98	24,21	25,50	22,25	22,85	22,98	23,87	24,26	23,75
4	2,48	2,38	2,47	2,45	2,28	2,96	2,7	2,63	2,36	2,31	2,50
Tiempo observado (seg):										108,41	
Factor de desempeño						Suplementos					
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor	
Habilidad		A2 0,13		Necesidades Personales		5		De pie		2	
Esfuerzo		B2 0,08						Postura		0	
Condiciones		C 0,02		Fatiga		4		Fuerza		0	
Consistencia		B 0,03						Iluminación		0	
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0	
TO =		108,41						Concentración		0	
FD =		0,26						Ruido		2	
TN =		136,60						Tensión mental		1	
S (%) =		17,00						Monotonía		1	
TS =		159,82						Tedio		2	
						seg					

Tabla 64 Cálculo de tiempo estándar preparado de planta

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1				
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022				
Descripción de Actividad											
Proceso:	Preparado de planta					Operarios:	1				
Subproceso:	Preparado de planta					Maquinaria:					
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par				
Nº	Actividad										

1	Trasportar plantas a área de preparado de planta												
2	Cardado de planta												
3	Sopleteado												
4	Trasportar planta a mesa de preparado de planta												
5	Cepillado												
6	Colocar liquido limpiador de planta												
7	Colocar pegamento												
8	Colocar adhesivo de calzado												
9	Trasportar planta a reactivadora de planta												
Toma de tiempos (seg)													
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	58,85	58,51	57,81	56,86	58,59	58,24	59,37	56,89	59,28	58,15	58,26		
2	47,56	47,82	48,67	48,36	48,73	49,41	49,77	46,05	48,67	46,36	48,14		
3	6,75	6,53	6,81	7,34	6,21	5,30	7,65	6,18	5,28	5,33	6,34		
4	5,03	5,14	5,2	5,96	5,59	5,27	5,10	4,96	5,60	5,58	5,34		
5	11,59	10,32	11,21	12,83	12,05	9,19	9,69	9,13	11,98	9,57	10,76		
6	16,39	15,76	18,73	17,82	15,55	14,60	18,90	15,75	16,99	17,26	16,78		
7	63,01	63,82	62,03	62,80	62,27	64,95	62,96	63,16	63,63	64,30	63,29		
8	51,18	49,7	52,59	49,08	52,01	50,53	52,85	52,83	51,11	51,14	51,30		
9	4,58	5,56	5,81	5,43	4,32	4,27	5,75	4,60	4,89	6,85	5,21		
Tiempo observado (seg):									265,41				
Factor de desempeño				Suplementos									
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		B2	0,08	Necesidades		5		De pie		2			
Esfuerzo		B2	0,08	Personales		4		Postura		0			
Condiciones		C	0,02	Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		C	0,01					Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =		265,41						Concentración		0			
FD =		0,19						Ruido		0			
TN =		315,84						Tensión mental		1			
S (%) =		15,00						Monotonía		1			
TS =		363,21						seg		Tedio		2	

Tabla 65 Cálculo de tiempo estándar rayado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:	Josué Idrobo	Hoja:	1								
Método:	Actual	Fecha:	21/6/2022								
Descripción de Actividad											
Proceso:	Cardado	Operarios:	1								
Subproceso:	Rayado	Maquinaria:									
Cronometraje:	Puesta a cero	Cantidad:	1 par								
N°	Actividad										
1	Tomar del estante móvil el zapato y junto a una planta rayar los bordes										
2	Trasportar zapato rayado al área de cardado										
Toma de tiempos (seg)											
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	42,69	43,92	43,29	41,51	42,24	44,83	42,28	43,91	42,45	41,62	42,87
2	12,37	11,55	11,18	12,34	12,59	11,30	12,18	12,07	12,17	12,86	12,06

Factor de desempeño				Suplementos			
Criterios		Valor		Constantes		Variables	
Habilidad	A2	0,13	Necesidades Personales	5	De pie	0	
Esfuerzo	B2	0,08			Postura	0	
Condiciones	C	0,02	Fatiga	4	Fuerza	0	
Consistencia	B	0,03			Iluminación	0	
Cálculo de tiempos					Calidad aire	0	
TO =	54,94			Concentración	0		
FD =	0,26			Ruido	0		
TN =	69,22			Tensión mental	1		
S (%) =	13,00			Monotonía	1		
TS =	78,22			seg	Tedio	2	

Tabla 66 Cálculo de tiempo estándar cardado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR											
Elaborado:		Josué Idrobo				Hoja:		1			
Método:		Actual				Fecha:		21/6/2022			
Descripción de Actividad											
Proceso:		Cardado				Operarios:		1			
Subproceso:		Cardado				Maquinaria:					
Cronometraje:		Puesta a cero				Cantidad:		1 par			
Actividad											
N°											
1	Realizar el cardado de bordes inferiores										
2	Trasportar zapato cardado al área de pegado de planta										
Toma de tiempos (seg)											
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ
1	62,39	61,18	62,82	62,09	64,91	60,08	64,32	64,55	64,87	63,15	63,04
2	12,42	11,77	13,04	13,57	12,81	12,70	11,96	11,73	12,69	13,98	12,67
Tiempo observado (seg):										75,70	
Factor de desempeño				Suplementos							
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor	
Habilidad	A2	0,13	Necesidades Personales	5	De pie	2					
Esfuerzo	B2	0,08			Postura	0					
Condiciones	C	0,02	Fatiga	4	Fuerza	0					
Consistencia	B	0,03			Iluminación	0					
Cálculo de tiempos					Calidad aire	0					
TO =	75,70				Concentración	2					
FD =	0,26				Ruido	2					
TN =	95,39				Tensión mental	1					
S (%) =	19,00				Monotonía	1					
TS =	113,51				seg	Tedio	2				

Tabla 67 Cálculo de tiempo estándar pegado de planta

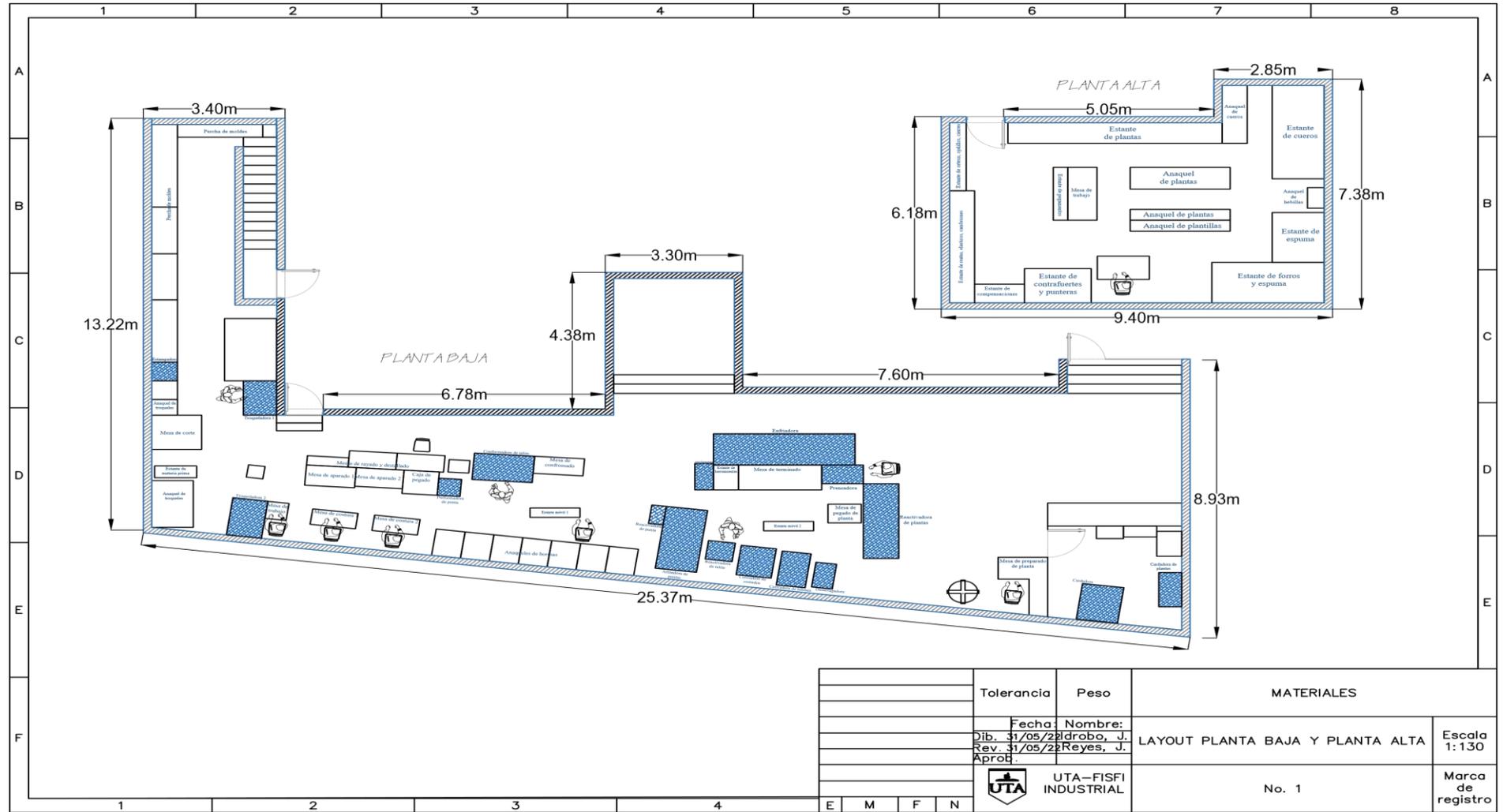
CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR													
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1						
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022						
Descripción de Actividad													
Proceso:	Pegado de planta					Operarios:	1						
Subproceso:	Pegado de planta					Maquinaria:							
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par						
N°	Actividad												
1	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante												
2	Colocar 2da capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante												
3	Colocar el zapato, planta y reactivar												
4	Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente												
5	Comprimir planta												
Toma de tiempos (seg)													
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ		
1	61,03	60,67	60,48	60,71	62,93	62,49	61,86	61,44	62,48	62,54	61,66		
2	60,28	60,17	60,23	61,37	61,32	62,37	63,05	61,39	63,61	63,80	61,76		
3	245,8	248,4	251,5	243,24	245,64	249,57	242,46	249,44	245,65	251,45	247,31		
4	60,21	61,19	65,1	62,82	64,71	60,53	65,15	61,63	60,11	63,51	62,50		
5	18,56	19,76	18,64	18,70	19,98	17,89	19,21	19,51	19,38	18,14	18,98		
Tiempo observado (seg):									452,21				
Factor de desempeño			Suplementos										
Criterios		Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad		B2 0,08		Necesidades		5		De pie		2			
Esfuerzo		B2 0,08		Personales		4		Postura		0			
Condiciones		C 0,02		Fatiga		4		Fuerza		0			
Consistencia		C 0,01						Iluminación		0			
Cálculo de tiempos								Calidad aire		0			
TO =		452,21						Concentración		0			
FD =		0,19						Ruido		0			
TN =		538,13						Tensión mental		1			
S (%) =		15,00						Monotonía		1			
TS =		618,85						seg		Tedio		2	

Tabla 68 Cálculo de tiempo estándar terminado y empaquetado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR													
Elaborado:	Josué Idrobo					Hoja:	1						
Método:	Actual					Fecha:	21/6/2022						
Descripción de Actividad													
Proceso:	Terminado empaquetado					Operarios:	1						
Subproceso:	Terminado empaquetado					Maquinaria:							
Cronometraje:	Puesta a cero					Cantidad:	1 par						
N°	Actividad												

1	Transportar zapato enfriado al área de empaquetado													
2	Retirar cordones y hormas													
3	Inspeccionar, limpiar y pintar defectos													
4	Colocar pasadores y plantilla													
5	Empaquetar													
6	Transportar zapato empaquetado a bodega de producto terminado													
7	Almacenar producto terminado													
Toma de tiempos (seg)														
N°	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	Σ			
1	16,08	17,76	16,69	16,61	18,18	19,23	18,63	16,82	17,90	16,06	17,40			
2	60,48	61,09	60,28	60,27	60,65	62,81	61,64	63,76	60,7	62,09	61,38			
3	190	187,1	196,4	195,08	189,31	193,49	187,19	189,12	196,16	188,74	191,27			
4	59,86	57,37	59,38	61,85	61,19	61,13	59,19	58,77	59,71	57,78	59,62			
5	60,18	58,91	59,89	57,18	59,86	59,27	59,03	60,38	61,71	60,58	59,70			
6	7,98	6,64	7,23	6,18	6,83	6,45	6,47	6,98	6,71	7,36	6,88			
7	0,78	0,76	0,69	1,46	0,96	1,38	0,83	1,40	0,85	0,76	0,99			
Tiempo observado (seg):										397,23				
Factor de desempeño				Suplementos										
Criterios			Valor		Constantes		Valor		Variables		Valor			
Habilidad			B2	0,08	Necesidades Personales		7	De pie		4				
Esfuerzo			B2	0,08				Postura		0				
Condiciones			C	0,02	Fatiga		4	Fuerza		0				
Consistencia			C	0,01				Iluminación		2				
Cálculo de tiempos										Calidad aire		0		
TO =	397,23										Concentración		2	
FD =	0,19										Ruido		0	
TN =	472,70										Tensión mental		1	
S (%) =	23,00										Monotonía		1	
TS =	581,43										seg		Tedio	2

Anexo 5: Layout de la empresa LIWI Medical



	Tolerancia	Peso	MATERIALES	
	Fecha:	Nombre:	LAYOUT PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA	Escala 1:130
	Dib. 31/05/2018	Idrobo, J.		
	Rev. 31/05/2018	Reyes, J.		
	Aprob.		No. 1	Marca de registro
		UTA-FISFI INDUSTRIAL		
E	M	F	N	

Anexo 6: Diagrama de identificación de desperdicios

Tabla 69 Matriz de desperdicios

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN																						
DIAGRAMA PARA IDENTIFICAR DESPERDICIOS																								
Empresa:		LIWI		Método:		Actual / Propuesto				Hoja #:		1 de 1												
Macroproceso:		Fabricación de calzado		Modelo:		DE02				Fecha:		12/10/2022												
Departamento:		Producción		Realizado por:		Josué Idrobo				Diagrama #:		1												
Identificación de Actividades				Desperdicio								Agrega V. No Agrega		Posible Solución										
No	Procesos	Subprocesos	Actividades	Sobreproducción	Sobre-procesos	Inventarios	Trasportes innecesarios	Movimientos	Defectos	Esperas	Mala gestión de información	Desperdicio de talento humano	Mala calidad proveedor	Necesario	No Esencial	Necesario	No Esencial	Maximizar	Crear valor o eliminar	Minimizar o eliminar	Eliminar			
1	Bodega de M. P	Recepción de M. P	Almacenar materia prima			X										X				X				
2	Corte	Corte	Transportar rack de materia prima (cuero, cuero sintético espuma) al área de corte				X									X				X				
3			Troquelado de piezas de cuero		X										X				X					
4			Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack					X								X				X				
5			Troquelar espuma													X				X				
6			Colocar piezas de espuma en rack						X									X						
7			Recortar forros													X				X				
8			Transportar rack de piezas a área de destallado						X									X				X		
9			Almacenar piezas				X											X					X	
10			Corte de plantillas	Corte de plantillas	Transportar rack (plantillas) al área de corte				X									X				X		
11		Recortar eva de plantilla y almacenar en rack							X							X				X				
12		Codificar eva														X				X				
13		Recortar sintético y almacenar											X				X				X			
14		Codificar sintético															X				X			
15		Recortar tafilete de cuero															X				X			
16		Troquelar tafilete de cuero															X				X			
17		Transportar tafilete a la máquina estampadora								X									X					X
18		Estampar logo en tafilete													X		X				X			
19		Codificar tafiletes															X				X			
20		Transportar tafilete estampados a rack								X									X				X	
21		Almacenar tafilete junto a espuma y sintético				X											X					X		
22		Punta y contrafuerte	Punta y contrafuerte	Transportar plancha contrafuerte y punta al área de corte				X									X				X			
23	Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente							X							X				X					
24	Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente															X				X				
25	Transportar punta y contrafuerte al área de montaje								X							X	X			X				
26	Almacenar punta y contrafuerte				X									X	X					X				
27	Rayado y destallado	Rayado	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas					X						X				X						
28			Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero									X			X				X					
29		Destallado	Destallado	Destallar bordes tipo tumbado		X									X				X					
30				Destallar bordes tipo embolsado		X										X				X				
31				Codificar todas las piezas									X			X				X				
32				Inspeccionar piezas						X							X	X			X			
33				Almacenar piezas codificadas				X										X						
34	Transportar piezas al área de aparado					X								X	X					X				
35	Aparado	Aparado de talón	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos					X						X				X						
36			Coser cara externa de ensamble A												X				X					
37			Doblar costuras de ensamble A						X						X				X					
38			Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio													X				X				
39			Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento y unir (ensamble B)						X							X				X				
40			Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)													X				X				
41			Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)		X											X				X				
42			Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)		X											X				X				
43			Tomar el ensamble E, coser uniones						X							X				X				

Tabla 69 Matriz de desperdicios (continuación)

No	Procesos	Subprocesos	Identificación de Actividades	Desperdicio										Agrega V.		No Agrega		Posible Solución						
				Sobreproducción	Sobre- procesos	Inventarios	Trasportes innecesarios	Movimientos	Defectos	Esperas	Mala gestión de información	Desperdicio de talento humano	Mala calidad proveedor	Necesario	No Esencial	Necesario	No Esencial	Maximizar	Crear valor o eliminar	Minimizar o eliminar	Eliminar			
44	Aparado	Aparado de cuello	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)												X				X					
45			Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)													X				X				
46			Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar			X										X				X				
47			Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello					X								X				X				
48			Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)		X											X				X				
49		Aparado de capellada	Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)			X										X				X				
50			Tomar ensamble I, realizar cosido													X				X				
51			Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar			X										X				X				
52			Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar			X										X				X				
53			Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa					X								X				X				
54			Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)													X				X				
55			Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos		X											X				X				
56			Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir			X										X				X				
57			Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos					X								X				X				
58			Aparado de capellada	Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta					X								X				X			
59				Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales													X				X			
60	Transportar ensamble J al compresor de ojales					X									X			X				X		
61	Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos														X				X					
62	Transportar ensamble J con ojales al área de aparado				X										X			X				X		
63	Aparado de lengüeta	Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)				X										X				X				
64		Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos					X								X				X					
65		Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente													X				X					
66		Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera		X											X				X					
67		Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L													X				X					
68		Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno													X				X					
69		Recortar forro sobrante en los extremos e hilos de la lengüeta		X											X				X					
70		Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos					X								X				X					
71	Aparado de plantilla	Tomar las piezas 17, 18, 19, pegar, unir (ensamble N)													X				X					
72		Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta											X		X				X					
73		Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos		X											X				X					
74		Inspeccionar aparado					X								X			X			X			
75		Transportar zapato aparado al área de montaje				X									X			X				X		
76		Almacenar zapato aparado			X										X			X				X		
77		Montaje	M. de talón	Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora												X				X				
78	Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón													X		X			X					
79	M. punta		Tomar punta y colocar pegamento													X			X					
80			Preparar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil		X											X			X					

Tabla 69 Matriz de desperdicios (continuación)

No	Procesos	Subprocesos	Identificación de Actividades	Desperdicio										Agrega V.		No Agrega		Posible Solución						
				Sobreproducción	Sobre- procesos	Inventarios	Trasportes innecesarios	Movimientos	Defectos	Esperas	Mala gestión de información	Desperdicio de talento humano	Mala calidad proveedor	Necesario	No Esencial	Necesario	No Esencial	Maximizar	Crear valor o eliminar	Minimizar o eliminar	Eliminar			
81	Empastado	Preparado de horma	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas												X				X					
82			Colocar pegamento en la parte interna del zapato		X											X				X				
83			Insertar horma													X				X				
84			Ajustar horma con pasadores y clavos													X	X			X				
85			Recortar rebabas de punta			X											X	X			X			
86		Empastado	Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato					X								X				X				
87			Colocar pegamento en cambiión y ortesis													X				X				
88			Unir cambiión a plantilla, colocar pegamento													X				X				
89			Unir ortesis al cambiión													X				X				
90			Inspeccionar empastado del zapato						X											X				X
91			Almacenar zapato empastado				X													X				X
92	Armado	A. de punta	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas												X				X					
93			Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil													X				X				
94		A. de talón	Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar													X				X				
95			Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora													X				X				
96			Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil													X				X				
97			Inspeccionar armado del zapato						X											X				X
98			Almacenar zapato armado				X													X				X
99			Preparado de planta	Preparado de planta	Trasportar plantas a área de preparado de planta				X												X			
100	Cardado de planta															X				X				
101	Sopleteado							X								X				X				
102	Trasportar planta a mesa de preparado de planta							X												X				X
103	Cepillado															X				X				
104	Colocar liquido limpiador de planta															X	X			X				
105	Colocar pegamento															X				X				
106	Colocar adhesivo de calzado															X				X				
107	Trasportar planta a reactivadora de planta							X									X		X					X
108	Cardado	Rayado	Tomar del estante móvil el zapato y rayar los bordes												X				X					
109			Trasportar zapato rayado al área de cardado				X												X					
110		Cardado	Realizar el cardado de bordes inferiores												X	X			X					
111	Trasportar zapato cardado al área de pegado de planta					X												X					X	
112	Pegado de planta	Pegado de planta	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante												X				X					
113			Colocar 2da capa en la superficie inferior y colocar en estante		X											X				X				
114			Colocar el zapato, planta y reactivar													X				X				
115			Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente						X							X				X				
116			Comprimir planta													X				X				
117	Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	Trasportar zapato enfriado al área de empaquetado				X								X				X				X	
118			Retirar cordones y hormas												X	X				X				
119			Inspeccionar, limpiar y pintar defectos							X						X				X				
120			Colocar pasadores y plantilla			X										X				X				
121			Empaquetar												X	X				X				
122			Trasportar zapato empaquetado a bodega de producto terminado					X											X					X
123			Almacenar producto terminado						X										X					X

Anexo 7. Cálculo de tiempos VA y NVA actual

Tabla 70 Cálculo de tiempos VA y NVA actual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL		CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN		LIWI		Medical Care Footwear®								
Tiempos VA y NVA																
Empresa:	LIWI		Método:	Actual / Propuesto		Hoja #:	1 de 1									
Macroproceso:	Fabricación de calzado		Modelo:	DE02		Fecha:	12/11/2022									
Departamento:	Producción		Realizado por:	Josué Idrobo		Diagrama #:	1									
N	Procesos	Subprocesos	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Agrega V		No Agrega		Tiempo Total	Agrega		No Agrega		
							Necesario	No esencial	Tiempo VA	Necesario		No esencial	Tiempo NVA	Tiempo VA	% VA	Tiempo
1	Bodega de M. P	Recepción de M. P	Almacenar materia prima	250	221688	886,75			X		886,75	886,75	0,00	0,00	886,75	100
2	Corte	Corte	Transportar rack de materia prima (cuero, cuero sintético espuma) al área de corte	35	41,23	1,17			X		1,18	1036,47	144,89	13,98	891,58	86,02
3			Troquelado de piezas de cuero	1	97,02	97,02	X		97,02							
4			Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack	1	12,12	12,11		X	12,12							
5			Troquelar espuma	1	7,78	7,782	X		7,78							
6			Colocar piezas de espuma en rack	1	3,34	3,34				X	3,34					
7			Recortar forros	1	27,97	27,973	X		27,97							
8			Transportar rack de piezas a área de destallado	25	10,77	0,4307				X	0,43					
9			Almacenar piezas	35	31032	886,63				X	886,63					
10			Corte de plantillas	Transportar rack (plantillas) al área de corte	35	41,96	1,199			X						
11		Recortar eva de plantilla y almacenar en rack		1	31,95	31,954	X		31,95							
12		Codificar eva		1	0,96	0,955				X	0,96					
13		Recortar sintético y almacenar		1	20,23	20,234	X		20,23							
14		Codificar sintético		1	2,87	2,873	X		2,87							
15		Recortar tafilete de cuero		1	31,67	31,671	X		31,67							
16		Troquelar tafilete de cuero		1	17,55	17,55	X		17,55							
17		Transportar tafilete a la máquina estampadora		35	8,34	0,2384				X	0,24					
18		Estampar logo en tafilete		1	19,43	19,432	X		19,43							
19		Codificar tafiletes		1	2,86	2,859	X		2,86							
20		Transportar tafilete estampados a rack		35	8,69	0,2483				X	0,25					
21		Almacenar tafilete junto a espuma y sintético		35	31032	886,63				X	886,63					
22		Punta y contrafuerte	Transportar plancha contrafuerte y punta al área de corte	1	22,10	22,095			X		22,10	37,36	14,96	40,04	22,40	59,96
23			Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente	1	7,25	7,2547	X		7,25							
24			Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente	1	7,70	7,704	X		7,70							
25			Transportar punta y contrafuerte al área de montaje	35	10,70	0,3056				X	0,31					
26		Almacenar punta y contrafuerte	35	0,00	0				X	0,00						
27		Rayado y destallado	Rayado	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas	1	138,87	138,87	X		138,87		177,88	177,88	100,00	0,00	0,00
28	Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero			1	39,01	39,006	X		39,01							
29	Destallado		Destallar bordes tipo tumbado	1	41,59	41,586	X		41,59			1150,46	222,22	19,32	928,24	80,68
30			Destallar bordes tipo embolsado	1	180,63	180,63	X		180,63							
31			Codificar todas las piezas	1	35,57	35,573				X	35,57					
32			Inspeccionar piezas	1	5,69	5,69				X	5,69					
33			Almacenar piezas codificadas	35	31032	886,63				X	886,63					
34			Transportar piezas al área de aparado	25	8,82	0,3528				X	0,35					
35	Aparado	Aparado de talón	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos	1	9,11	9,1116	X		9,11		219,85	219,85	100,00	0,00	0,00	
36			Coser cara externa de ensamble A	1	26,64	26,637	X		26,64							
37			Doblar costuras de ensamble A	1	7,72	7,7244	X		7,72							
38			Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio	1	18,03	18,032	X		18,03							
39			Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento y unir (ensamble B)	1	47,77	47,769	X		47,77							
40			Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)	1	16,47	16,474	X		16,47							
41			Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)	1	23,84	23,838	X		23,84							
42			Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)	1	22,14	22,141	X		22,14							
43			Tomar el ensamble E, coser uniones	1	48,12	48,124	X		48,12							

Tabla 70 Cálculo de tiempos VA y NVA actual (continuación)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL		CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN		LIWI		Medical Care Footwear®									
Tiempos VA y NVA																	
Empresa:		LIWI		Método:		Actual / Propuesto		Hoja #:		1 de 1							
Macroproceso:		Fabricación de calzado		Modelo:		DE02		Fecha:		12/11/2022							
Departamento:		Producción		Realizado por:		Josué Idrobo		Diagrama #:		1							
N	Procesos	Subprocesos	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Agrega V		No Agrega			Tiempo Total	Agrega		No Agrega		
							Necesario	No esencial	Tiempo VA	Necesario	No esencial		Tiempo NVA	Tiempo VA	% VA	Tiempo	% NVA
44	Aparado	Aparado de cuello	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)	1	29,76	29,757	X		29,76			172,23	172,23	100	0,00	0	
45			Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)	1	21,74	21,742	X		21,74								
46			Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar	1	10,02	10,022	X		10,02								
47			Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello	1	78,28	78,275	X		78,28								
48			Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)	1	32,43	32,433	X		32,43								
49		Aparado de capellada		Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)	1	28,19	28,188	X		28,19			361,59	360,90	99,81	0,69	0,19
50				Tomar ensamble I, realizar cosido	1	17,18	17,182	X		17,18							
51				Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar	1	10,73	10,727	X		10,73							
52				Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar	1	9,93	9,9324	X		9,93							
53				Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa	1	3,17	3,174	X		3,17							
54				Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)	1	30,76	30,763	X		30,76							
55				Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos	1	19,53	19,532	X		19,53							
56				Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir	1	40,41	40,412	X		40,41							
57				Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos	1	32,17	32,173	X		32,17							
58				Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta	1	43,29	43,291	X		43,29							
59	Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales	1	43,21	43,21	X		43,21										
60	Transportar ensamble J al compresor de ojales	35	11,82	0,3376				X	0,34								
61	Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos	1	82,31	82,312	X		82,31										
62	Transportar ensamble J con ojales al área de aparado	35	12,37	0,3534				X	0,35								
63	Aparado de lengüeta		Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)	1	2,70	2,6985	X		2,70			174,51	174,51	100	0,00	0	
64			Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos	1	9,04	9,035	X		9,04								
65			Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente	1	27,57	27,574	X		27,57								
66			Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera	1	24,87	24,867	X		24,87								
67			Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L	1	12,02	12,02	X		12,02								
68			Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno	1	19,82	19,818	X		19,82								
69			Recortar forro sobrante en los extremos e hilos de la lengüeta	1	17,10	17,101	X		17,10								
70			Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos	1	61,40	61,395	X		61,40								
71	Aparado de plantilla		Tomar las piezas 17, 18, 19, pegar, unir (ensamble N)	1	48,77	48,774	X		48,77			1009,56	117,43	11,63	892,13	88,37	
72			Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta	1	31,76	31,756	X		31,76								
73			Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos	1	36,90	36,897	X		36,90								
74			Inspeccionar aparado	1	5,11	5,1144				X	5,11						
75			Transportar zapato aparado al área de montaje	35	7,59	0,2167				X	0,22						
76			Almacenar zapato aparado	60	53208	886,80				X	886,80						
77	Montaje	M. de talón	Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora	1	60,86	60,859	X		60,86			121,16	121,16	100	0,00	0	
78			Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón	1	60,30	60,299	X		60,30								
79		M. punta	Tomar punta y colocar pegamento	1	5,44	5,444	X		5,44								
80			Prensar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil	1	59,79	59,792	X		59,79								

Tabla 70 Cálculo de tiempos VA y NVA actual (continuación)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN																
Tiempos VA y NVA																		
Empresa:		LIWI		Método:		Actual / Propuesto												
Macroproceso:		Fabricación de calzado		Modelo:		DE02												
Departamento:		Producción		Realizado por:		Josué Idrobo												
				Hoja #:		1 de 1												
				Fecha:		12/11/2022												
				Diagrama #:		1												
N	Procesos	Subprocesos	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Agrega V		No Agrega			Tiempo Total	Agrega		No Agrega			
							Necesario	No esencial	Tiempo VA	Necesario	No esencial		Tiempo NVA	Tiempo VA	% VA	Tiempo	% NVA	
81	Empastado	Preparado de horma	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas	1	52,64	52,635	X		52,64			213,97	213,97	100	0,00	0		
82			Colocar pegamento en la parte interna del zapato	1	27,53	27,526	X		27,53									
83			Insertar horma	1	36,71	36,706	X		36,71									
84			Ajustar horma con pasadores y clavos	1	70,39	70,387	X		70,39									
85			Recortar rebabas de punta	1	26,71	26,714		X	26,71									
86		Empastado		Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato	1	52,26	52,259	X		52,26			102,68	97,42	94,88	5,26	5,12	
87				Colocar pegamento en cambrión y ortesis	1	18,16	18,164	X		18,16								
88				Unir cambrión a plantilla, colocar pegamento	1	21,67	21,67	X		21,67								
89				Unir ortesis al cambrión	1	5,33	5,328	X		5,33								
90				Inspeccionar empastado del zapato	1	5,26	5,255				X	5,26						
91				Almacenar zapato empastado	35	0,00	0					X						0,00
92	Armado	A. de punta	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas	1	47,42	47,416	X		47,42		X	47,42	85,70	85,70	100	85,70	0	
93			Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil	1	38,29	38,285	X		38,29		X	38,29						
94		A. de talón		Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar	1	61,20	61,199	X		61,20			108,41	105,91	97,69	2,50	2,31	
95				Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora	1	20,96	20,963	X		20,96								
96				Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil	1	23,75	23,749	X		23,75								
97				Inspeccionar armado del zapato	1	2,50	2,502				X	2,50						
98				Almacenar zapato armado	35	0,00	0					X						0,00
99				Preparado de planta	Preparado de planta	Trasportar plantas a área de preparado de planta	35	58,26	1,6644									
100	Cardado de planta	1	48,14			48,14	X		48,14									
101	Sopleteado	1	6,34			6,338	X		6,34									
102	Trasportar planta a mesa de preparado de planta	12	5,34			0,4453					X	0,45						
103	Cepillado	1	10,76			10,756	X		10,76									
104	Colocar liquido limpiador de planta	1	16,78			16,775	X		16,78									
105	Colocar pegamento	1	63,29			63,293	X		63,29									
106	Colocar adhesivo de calzado	1	51,30			51,302	X		51,30									
107	Trasportar planta a reactivadora de planta	1	5,21			5,206				X	5,21							
108	Cardado	Rayado	Tomar del estante móvil el zapato y rayar los bordes	1	42,87	42,874	X		42,87			43,36	42,87	98,89	0,48	1,11		
109			Trasportar zapato rayado al área de cardado	25	12,06	0,4824				X	0,48							
110		Cardado		Realizar el cardado de bordes inferiores	1	63,04	63,036	X		63,04			63,54	63,09	99,20	0,51	0,8	
111	Trasportar zapato cardado al área de pegado de planta			25	12,67	0,5067				X	0,51							
112	Pegado de planta	Pegado de planta	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	1	61,66	61,663	X		61,66			452,21	452,21	100	0,00	0		
113			Colocar 2da capa en la superficie inferior y colocar en estante	1	61,76	61,759	X		61,76									
114			Colocar el zapato, planta y reactivar	1	247,31	247,31	X		247,31									
115			Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente	1	62,50	62,496	X		62,50									
116			Comprimir planta	1	18,98	18,977	X		18,98									
117	Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	Trasportar zapato enfriado al área de empaquetado	4	17,40	4,349					X	4,35	1265,41	371,96	29,39	893,44	70,61	
118			Retirar cordones y hormas	1	61,38	61,377	X		61,38									
119			Inspeccionar, limpiar y pintar defectos	1	191,27	191,27	X		191,27									
120			Colocar pasadores y plantilla	1	59,62	59,623	X		59,62									
121			Empaquetar	1	59,70	59,699	X		59,70									
122			Trasportar zapato empaquetado a bodega de producto terminado	3	6,88	2,2943				X	2,29							
123			Almacenar producto terminado	30	26604	886,80				X	886,80							
Total (seg)						8968,08		3547,51		5506,27								
(min)						149,47		59,13		91,77								

Anexo 8. Diagrama de Pareto de desperdicios identificados

Tabla 71 Desperdicios identificados

Desperdicios	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado	Clasificación	%
Movimientos	24	24	28,57%	A	67,9%
Transportes	18	42	50,00%	A	
Inventarios	15	57	67,86%	A	
Sobreprocesos	14	71	84,52%	B	22,6%
Talento humano	5	76	90,48%	B	
Calidad del proveedor	4	80	95,24%	C	9,5%
Gestión de información	3	83	98,81%	C	
Artículos defectuosos	1	84	100,00%	C	
Esperas	0	84	100,00%	C	
Sobreproducción	0	84	100,00%	C	
TOTAL	84				100,0%

Anexo 9. Ponderaciones para la selección de herramientas de MA mediante Superdesiccions

2. Node comparisons with respect to 1Selección de herram~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "1Selección de herramientas" node in "2Criterios" cluster

1Enfocada a eliminación de desperdicios is moderately to strongly more important than 2

1. 1Enfocada a ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	2Mejor
2. 1Enfocada a ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3Relac
3. 1Enfocada a ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4Inden
4. 2Mejoramient~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3Relac
5. 2Mejoramient~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4Inden
6. 3Relacion Co~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4Inden

Figura 58. Ponderación de Criterios para la selección de herramientas de MA

Comparisons wrt "1Enfocada a eliminación de desperdicios" node in "Alternatives" cluste
SMED is moderately to strongly more important than Kanban

1.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Est
2.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
3.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kan
4.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pol
5.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
6.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
7.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kan
8.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pol
9.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
10.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kan
11.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pol
12.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
13.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pol
14.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
15.	Poka Joke	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM

Figura 59. Ponderación enfocada a eliminación de desperdicios

3. Results		
Normal		Hybrid
Inconsistency: 0.01830		
5s		0.35602
Estandari~		0.15399
Jidoka		0.06510
Kanban		0.06682
Poka Joke		0.06771
SMED		0.29036

Figura 60. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocada a la eliminación de desperdicios

Comparisons wrt "2Mejoramiento de la calidad" node in "Alternatives" cluster
5s is equally as important as Estandarización

1.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Es
2.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
3.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ka
4.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pe
5.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
6.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
7.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ka
8.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pe
9.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
10.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ka
11.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pe
12.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
13.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pe
14.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
15.	Poka Joke	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM

Figura 61. Ponderación enfocada a el mejoramiento de la calidad

3. Results		
Normal		Hybrid
Inconsistency: 0.09236		
5s		0.30933
Estandari~		0.22428
Jidoka		0.11951
Kanban		0.05450
Poka Joke		0.18014
SMED		0.11224

Figura 62. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocado a el mejoramiento de la calidad

Comparisons wrt "3Relacion Costo-Facilidad" node in "Alternatives" cluster																						
5s is moderately more important than Estandarización																						
1.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Est
2.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
3.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kan
4.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
5.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
6.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
7.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kan
8.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
9.	Estandarizac~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
10.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kan
11.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
12.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
13.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
14.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM
15.	Poka Joke	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SM

Figura 63. Ponderación enfocada en la relación costo/facilidad

3. Results		
Normal		Hybrid
Inconsistency: 0.08794		
5s		0.25653
Estandari~		0.15861
Jidoka		0.05971
Kanban		0.17631
Poka Joke		0.05199
SMED		0.29685

Figura 64. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocada en la relación costo/facilidad

Comparisons wrt "4Identificación de fallos" node in "Alternatives" cluster
5s is equally to moderately more important than Estand

1.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Est
2.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
3.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kar
4.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
5.	5s	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SMI
6.	Estand	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Jid
7.	Estand	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kar
8.	Estand	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
9.	Estand	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SMI
10.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Kar
11.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
12.	Jidoka	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SMI
13.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pok
14.	Kanban	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SMI
15.	Poka Joke	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SMI

Figura 65. Ponderación enfocada en la identificación de fallos

3. Results		
Normal	Hybrid	
Inconsistency: 0.04461		
5s		0.17793
Estand		0.09098
Jidoka		0.29465
Kanban		0.06827
Poka Joke		0.28061
SMED		0.08755

Figura 66. Resultados e inconsistencia de ponderación enfocada en la identificación de fallos

Anexo 10. Auditoría inicial 5s

AUDITORIA 5S						
Auditor:						
Departamento:						
Jefe de producción:						
Fecha:						
CLASIFICAR - SEIRI Clasificar los elementos necesarios e innecesarios. Los elementos innecesarios o no utilizados deben ser retirados	Inaceptable	Deficiente	Bueno	Excelente	World Class	
	Ninguna evidencia	Sólo evidente en pocos lados	Aplicado y evidente en mayoría del área	Completamente evidente y aplicado en todo lado	Busca continuamente maneras de mejorar aún más	
	1. - Elementos o herramientas de la mesa de trabajo han sido clasificados, separando los necesarios de los innecesarios	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
	2. - Elementos o herramientas en estanterías, cajones han sido clasificados, separando los necesarios de los innecesarios	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
	3. - Existe elementos o herramientas sin lugar de almacenamiento	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
4. - Elementos innecesarios han sido removidos del área de trabajo	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
5. - Elementos necesarios han sido ubicados lo más cercano posible al área de trabajo	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
6. - El personal de trabajo sabe dónde encontrar todos los elementos o herramientas	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
TOTAL	8					



AUDITORIA 5S						
Auditor:						
Departamento:						
Jefe de producción:						
Fecha:						
ORDENAR - SEITON Un lugar para todo y todo en su lugar para que sea más sencillo encontrar	Inaceptable	Deficiente	Bueno	Excelente	World Class	
	Ninguna evidencia	Sólo evidente en pocos lados	Aplicado y evidente en mayoría del área	Completamente evidente y aplicado en todo lado	Busca continuamente maneras de mejorar aún más	
	1. - Ubicaciones de herramientas necesarias etiquetadas y en lugar correcto	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
	2. - Existe elementos o herramientas sin lugar de almacenamiento	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
	3. - Ubicaciones con elementos y herramientas móviles con etiquetas y en correcta ubicación para una fácil identificación	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
4. - Señalética que identifica y separa claramente las áreas de trabajo y corredores	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
5. - Lugares de almacenamiento con cantidades de capacidad con señalética y en sitios establecidos	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
6. - Insumos sin lugar de almacenamiento en puestos de trabajo	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
TOTAL	7					



AUDITORIA 5S						
Auditor:						
Departamento:						
Jefe de producción:						
Fecha:						
LIMPIEZA - SEISO Mantener un área de trabajo limpia y lista para trabajar. Inspeccionar regularmente para asegurar conservar una clasificación y orden.	Inaceptable	Deficiente	Bueno	Excelente	World Class	
	Ninguna evidencia	Sólo evidente en pocos lados	Aplicado y evidente en mayoría del área	Completamente evidente y aplicado en todo lado	Busca continuamente maneras de mejorar aún más	
	1.- Las áreas de trabajo y herramientas están organizadas y almacenadas constantemente según lo establecido	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
	2. - Los trabajadores cumplen con la clasificación y orden establecido por las 5s	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
	3. - Las superficies y lugares de trabajo están despejadas y limpias de suciedad o residuos de material	1	2	3	4	5
	Observaciones:					
4. - Control checklist periódico de limpieza y mantenimiento del lugar de trabajo	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
5.- Existe supervisión de limpieza del área de trabajo	1	2	3	4	5	
Observaciones:						
TOTAL	9					



AUDITORIA 5S



Auditor:					
Departamento:					
Jefe de producción:					
Fecha:					
ESTANDARIZAR - SEIKETSU Mantener las primeras 3s y tener presente la mejora	Inaceptable Ninguna evidencia	Deficiente Sólo evidente en pocos lados	Bueno Aplicado y evidente en mayoría del área	Excelente Completamente evidente y aplicado en todo lado	World Class Busca continuamente maneras de mejorar aún más
1.- Existe el acuerdo y conocimiento de los trabajadores sobre las 5s	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
2.- Existe un liderazgo que explique e inculque la importancia de las 5s	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
3- Existe capacitación y orientación al personal sobre el sistema de 5s	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
4- Existe procedimientos establecidos de limpieza y orden	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
5.- Se han puesto en práctica ideas de mejoramiento	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
TOTAL	9				

AUDITORIA 5S		
Auditor:		
Departamento:		
Fecha:		

DISCIPLINA - SHITSUKE Convertir las 5s en una forma de vida cotidiana, dejando de ser un evento convirtiéndose en rutina	Inaceptable Ninguna evidencia	Deficiente Sólo evidente en pocos lados	Bueno Aplicado y evidente en mayoría del área	Excelente Completamente evidente y aplicado en todo lado	World Class Busca continuamente maneras de mejorar aún más
1.- El personal claramente identifica los roles que implican las 5s	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
2.- El plan 5s y sus acciones son claros y actualizados	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
3.- Existe instrucciones y procedimientos disponibles en el lugar de trabajo, claros y actualizados	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
4.- Se trasmite, practica y mantiene la cultura del sistema 5s	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
5. Se implemento las anteriores 4s de forma consistente	1	2	3	4	5
	Observaciones:				
TOTAL	10				

Anexo 11: Capacitación del personal sobre la importancia de la metodología 5s



Figura 67. Introducción al personal a las 5s



Figura 68. Capacitación sobre la importancia de 5s



Figura 69. Conclusión de la capacitación 5s

Anexo 12: Formato de tarjeta roja

Tabla 72 Tarjeta roja

TARJETA ROJA					No.	
Datos informativos						
Fecha: / /						
Área:			Proceso:			
Categoría del elemento:	Maquinaria		Herramienta		Materia prima	
	Inventario en proceso		Producto terminado		Limpieza	
Cantidad:						
Estado	No necesario		Obsoleto		Defectuoso	
	Eliminar	Reubicar	Eliminar	Reubicar	Eliminar	Reubicar
	Limpiar	Reparar	Limpiar	Reparar	Limpiar	Reparar
Comentario:						
Fecha concluir acción: / /						

Anexo 13: Registro de tarjetas rojas

Tabla 73 Registro de tarjetas rojas

Registro de tarjetas rojas						No. 1	
Realizado por:		Revisado por:		Aprobado por:			
Josué Idrobo		Ing. Laica Javier		Ing. Laica Javier			
No	Proceso	Estado	Acción sugerida	Nueva ubicación	Fecha de colocación	Fecha de conclusión	
1	Corte	No necesario	Reubicar	Bodega	15/12/22	20/12/22	
2	Corte	Obsoleto	Eliminar	Basurero	15/12/22	20/12/22	
3	Corte	Defectuoso	Eliminar	Basurero	15/12/22	20/12/22	
4	Corte	No necesario	Eliminar	Basurero	15/12/22	20/12/22	
5	Corte	No necesario	Reubicar	Aparado	15/12/22	20/12/22	
6	Corte	No necesario	Reubicar	Bodega	15/12/22	20/12/22	
Observaciones:							

Anexo 14. Plan de limpieza LIWI Medical

Tabla 74 Plan de limpieza y su responsable

PLAN DE LIMPIEZA					
Área	Elementos de limpieza	Diario	Semanal	Mensual	Responsable
CORTE					
Troqueladora	Franelas, desengrasante, brocha		x		Operario 1 y 2
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Piso de la máquina	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Mesa de corte	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
RAYADO Y DESTALLADO					
Destalladora	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		Operario 3
Mesa de trabajo	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
APARADO					
Cosedoras	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		Operario 4 y 5
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Piso de cosedoras	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Mesa de aparado	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Prensa	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura, brocha			x	
Caja de sopleteado látex	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			x	
MONTAJE					
Conformadora de talón	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		Operario 6
Piso de conformadora	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Preformadora de punta	Franelas, desengrasante, aceite		x		
Piso de Preformadora	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Mesa de conformado	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
EMPASTADO					
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			Operario 7
Herramientas empastado	Franelas, funda de basura		x		
Estante móvil	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
ARMADO					
Reactivadora de puntas	Franelas, desengrasante, aceite, brocha			x	Operario 8
Armadora de puntas	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		
Reactivadora de talón	Franelas, desengrasante, aceite, brocha			x	
Cerradora de costados	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		
Cerradora de talón	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		
Desarrugadura	Franelas, desengrasante, aceite, brocha			x	
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
PREPARADO DE PLANTA					
Cardadora de planta	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		Operario 9
Piso de cardadora	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Mesa de preparado	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
RAYADO Y CARDADO					
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			Operario 8 y 9
Cardadora	Franelas, desengrasante, aceite, brocha		x		
Piso de cardadora	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Estante móvil	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
PEGADO DE PLANTA					
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			Operario 9
Mesa de pegado	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Reactivadora de plantas	Franelas, desengrasante, aceite			x	
Prensadora	Franelas, desengrasante, aceite			x	
TERMINADO Y EMPAQUETADO					
Piso del área	Escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			Operario 10
Enfriadora	Franelas, desengrasante, aceite, brocha			x	
Mesa de terminado	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura	x			
Estante de herramientas	Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura		x		

Anexo 15. Procedimiento de limpieza para cada área

Tabla 75 Procedimiento de limpieza del área de rayado y destallado

LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de Rayado y destallado			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Limpiar mesa de rayado con una franela	 <p>Proceso de rayado y destallado</p> <p>Mesas de rayado y destallado</p>	
2	Limpiar mesa de rayado con una franela		
3	Recoger restos de materiales de máquinas destalladoras		
4	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
5	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
6	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 3			

Tabla 76 Procedimiento de limpieza del área de aparado

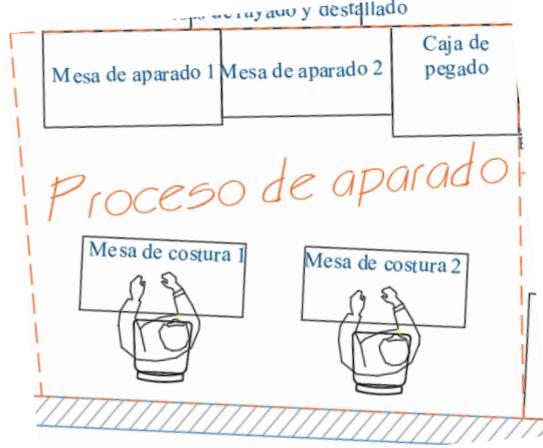
LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de Aparado			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Limpiar mesas de trabajo con una franela	 <p>Proceso de aparado</p> <p>Mesa de aparado 1 Mesa de aparado 2 Caja de pegado</p> <p>Mesa de costura 1 Mesa de costura 2</p>	
2	Limpiar mesas de costura		
3	Recoger restos de materiales de máquinas de costura		
4	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
5	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
6	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 4 y 5			

Tabla 77 Procedimiento de limpieza del área de montaje y empastado

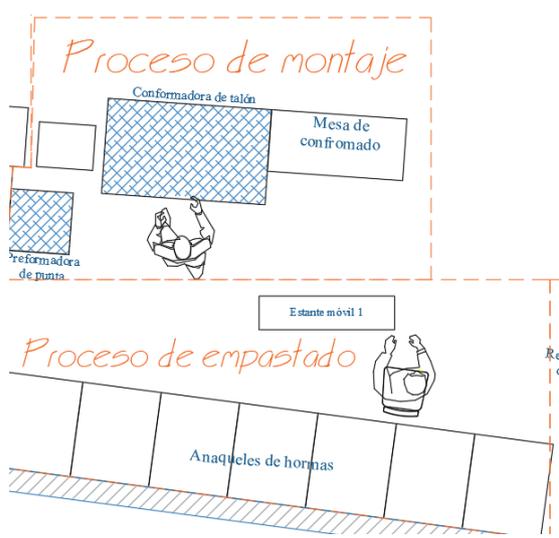
LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de Montaje y Empastado			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Limpiar mesa de conformado con una franela		
2	Recoger restos de materiales de máquinas conformadoras		
3	Limpiar suciedades de máquinas conformadoras		
3	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
4	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
5	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 6 y 7			

Tabla 78 Procedimiento de limpieza del área de armado

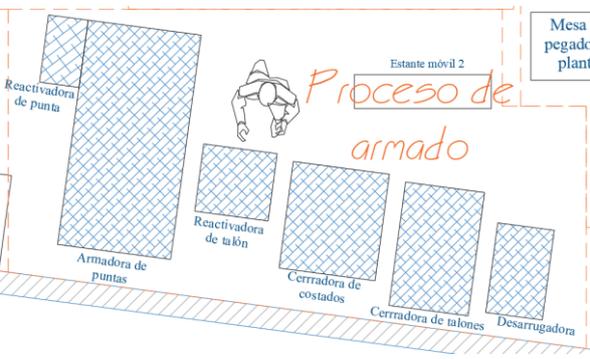
LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de Armado			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Recoger restos de materiales de máquinas		
2	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
3	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
4	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 8			

Tabla 79 Procedimiento de limpieza del área de Cardado y preparado de planta

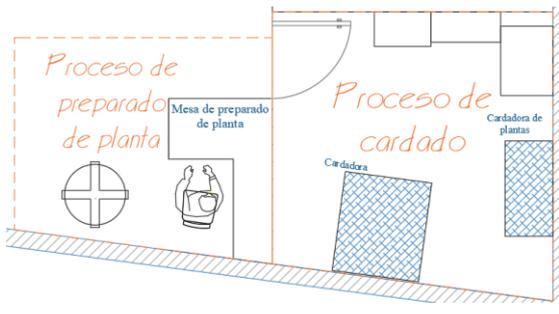
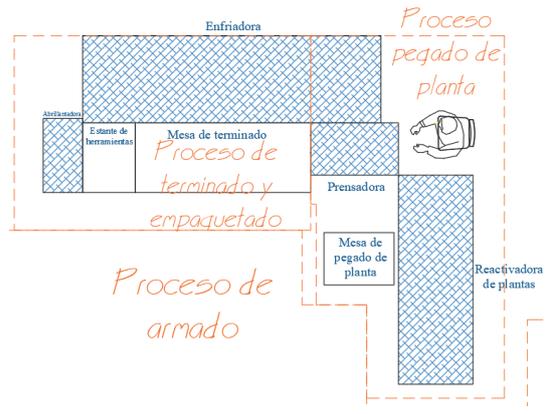
LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de Cardado y preparado de planta			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Limpiar mesas de trabajo con una franela		
2	Recoger restos de materiales de máquinas cardadora		
3	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
4	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
5	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 8 y 9			

Tabla 80 Procedimiento de limpieza del área de pegado de planta y terminado y empaquetado

LIMPIEZA			
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Josué Idrobo	Ing. Laica Javier	Ing. Laica Javier	
Área de pegado de planta y terminado			
No	Procedimiento de limpieza	Área	
1	Limpiar mesas de trabajo con una franela		
2	Limpiar con una franela la máquina reactivadora de plantas, prensadora.		
3	Limpiar estante de herramientas		
4	Recoger restos de materia prima del piso en bolsas		
5	Limpiar el piso con una escoba y recoger suciedades		
6	Retirar materiales de aseo y guardar		
Materiales de aseo: Franela, escoba, recogedor, tachos y fundas de basura			
Tiempo estimado: 5-10 min			
Responsables: Sr. Operario 8 y 10			

Anexo 16 Cursograma analítico propuesto

Tabla 81 Cursograma analítico propuesto del zapato ortopédico DE02

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL				CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN				LIWI Medical Care Footwear					
CURSOGRAMA ANALÍTICO															
Empresa:		LIWI		Método:		Actual / Propuesto		Hoja #:		1 de 1					
Producto:		Zapato ortopédico		Modelo:		DE02		Fecha:		2/01/2023					
Área:		Producción		Realizado por:		Josué Idrobo		Diagrama #:		1					
No. Operarios:		11		Jefe de producción:		Ing. Laica Javier		Operario/Material/Equipo							
Identificación de Actividades					Distancia (m)	Tiempo (seg)	Frecq.	Símbolos del Diagrama					Valor		Observaciones
No	Procesos	Subprocesos	Actividades	●				➔	□	▭	▽	▽	Si	No	
1	Bodega M.P	Recepción de M.P	Almacenar materia prima	---	---	225	○	➔	□	▭	▽		X		
2	Corte	Corte	Trasportar rack de materia prima (cuero, cuero sintético espuma) al área de corte	2	10,00	35	○	➔	□	▭	▽		X		
3			Troquelado de piezas de cuero	---	97,02	1	●	➔	□	▭	▽	X			
4			Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack	---	8,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
5			Troquelar espuma	---	7,78	1	●	➔	□	▭	▽	X			
6			Colocar piezas de espuma en rack	---	2,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
7			Recortar forros	---	27,97	1	●	➔	□	▭	▽	X			
8			Corte de plantillas	Recortar eva de plantilla y almacenar en rack	---	20,00	1	●	➔	□	▭	▽	X		
9		Recortar sintético y almacenar		---	20,23	1	●	➔	□	▭	▽	X			
10		Codificar sintético		---	2,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
11		Recortar tafilete de cuero		---	31,67	1	●	➔	□	▭	▽	X			
12		Troquelar tafilete de cuero		---	17,55	1	●	➔	□	▭	▽	X			
13		Trasportar tafilete a la máquina estampadora		1,5	2,00	35	○	➔	□	▭	▽		X		
14		Estampar logo en tafilete		---	19,43	1	●	➔	□	▭	▽	X			
15		Trasportar tafilete estampados a rack		1,5	3,00	35	○	➔	□	▭	▽		X		
16		Punta y contrafuerte		Troquelar contrafuerte y almacenar en rack	---	7,25	1	●	➔	□	▭	▽	X		
17				Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente	---	7,70	1	●	➔	□	▭	▽	X		
18				Trasportar punta y contrafuerte al área de montaje	3	8,00	35	○	➔	□	▭	▽		X	
19		Rayado y destallado	Rayado	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas	---	80,00	1	●	➔	□	▭	▽	X		
20	Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero			---	39,01	1	●	➔	□	▭	▽	X			
21	Destallado		Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)	---	41,59	1	●	➔	□	▭	▽	X			
22			Destallar bordes tipo embolsado	---	180,63	1	●	➔	□	▭	▽	X			
23	Aparado	Aparado de talón	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos	---	9,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
24			Coser cara externa de ensamble A	---	25,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
25			Doblar costuras de ensamble A	---	6,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
26			Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio y secar	---	17,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
27			Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento dejar secar y unir (ensamble B)	---	45,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
28			Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)	---	15,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
29			Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)	---	22,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
30			Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)	---	20,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
31		Tomar el ensamble E, coser uniones	---	45,00	1	●	➔	□	▭	▽	X				
32		Aparado de cuello	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)	---	25,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
33			Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)	---	20,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
34			Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar	---	8,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
35			Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello	---	60,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			
36			Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)	---	30,00	1	●	➔	□	▭	▽	X			

Tabla 81 Cursograma analítico propuesto del zapato ortopédico DE02 (continuación)

Identificación de Actividades				Distancia (m)	Tiempo (seg)	Frecq.	Símbolos del Diagrama					Valor		Observaciones
No	Procesos	Subprocesos	Actividades				●	➡	□	■	▽	Si	No	
37	Aparado	Aparado de capellada	Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)	----	25,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
38			Tomar ensamble I, realizar cosido	----	15,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
39			Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar	----	10,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
40			Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar	----	8,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
41			Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa	----	3,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
42			Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)	----	30,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
43			Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos	----	19,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
44			Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir	----	40,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
45			Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos	----	31,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
46			Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta	----	42,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
47			Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales	----	40,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
48			Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos	----	80,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
49			Aparado de lengüeta	Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)	----	2,70	1	●	➡	□	■	▽	X	
50				Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos	----	9,00	1	●	➡	□	■	▽	X	
51		Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente		----	26,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
52		Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera		----	23,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
53		Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L		----	12,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
54		Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno		----	18,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
55		Recortar forro sobrante en los extremos y hilos de la lengüeta		----	17,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
56		Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos		----	60,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
57		Aparado de plantilla	Tomar las piezas 17, 18, 19, colocar pegamento, dejar secar y unir (ensamble N)	----	30,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
58			Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta informativa	----	30,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
59			Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos	----	35,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
60			Inspeccionar aparado	----	5,00	1	○	➡	■	■	▽		X	
61			Transportar zapato aparado al área de montaje	1	6,00	35	○	➡	□	■	▽		X	
62			Almacenar zapato aparado	----	----	10	○	➡	□	■	▽		X	
63		Montaje	M. de talón	Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora	----	60,00	1	●	➡	□	■	▽	X	
64				Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón	----	60,00	1	●	➡	□	■	▽	X	
65	M. de punta		Tomar punta y colocar pegamento	----	5,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
66			Prensar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil	----	58,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
67	Empastado	Preparar horma	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas	----	50,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
68			Colocar pegamento en la parte interna del zapato	----	25,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
69			Insertar horma	----	35,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
70			Ajustar horma con pasadores y clavos	----	70,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
71			Recortar rebabas de punta	----	26,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
72		Empastado	Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato	----	51,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
73			Colocar pegamento en cambrión y ortesis	----	17,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
74			Unir cambrión a plantilla, colocar pegamento	----	20,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
75			Unir ortesis al cambrión	----	5,00	1	●	➡	□	■	▽	X		
76			Inspeccionar empastado del zapato	----	5,00	1	○	➡	■	■	▽		X	

Tabla 81 Cursograma analítico propuesto del zapato ortopédico DE02 (continuación)

Identificación de Actividades				Distancia (m)	Tiempo (seg)	Frecq.	Símbolos del Diagrama					Valor		Observaciones
No	Procesos	Subprocesos	Actividades				●	➡	□	▢	▽	Si	No	
77	Armado	A. de punta	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas	----	46,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
78			Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil	----	37,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
79		A. de talón	Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar	----	60,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
80			Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora	----	20,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
81			Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil	----	23,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
82			Inspeccionar armado del zapato	----	1,00	1	○	➡	■	▢	▽		X	
83	Preparado de planta	Preparado de planta	Cardado de planta	----	48,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
84			Sopleteado	----	6,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
85			Transportar planta a mesa de preparado de planta	6	5,00	12	○	➡	□	▢	▽		X	
86			Cepillado	----	10,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
87			Colocar liquido limpiador de planta	----	16,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
88			Colocar pegamento	----	63,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
89			Colocar adhesivo de calzado	----	51,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
90			Transportar planta a reactivadora de planta	1,5	3,00	1	○	➡	□	▢	▽		X	
91	Cardado	Rayado	Tomar del estante móvil el zapato y junto a una planta rayar los bordes	----	42,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
92			Transportar zapato rayado al área de cardado	7,6	12,00	25	○	➡	□	▢	▽		X	
93		Cardado	Realizar el cardado de bordes inferiores	----	63,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
94			Transportar zapato cardado al área de pegado de planta	7,6	10,00	25	○	➡	□	▢	▽		X	
95	Pegado de planta	Pegado de planta	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	----	60,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
96			Colocar 2da capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	----	60,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
97			Colocar el zapato, planta y reactivar	----	200,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
98			Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente	----	40,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
99			Comprimir planta	----	15,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
100	Terminado y empaclado	Terminado y empaclado	Retirar cordones y hormas	----	30,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
101			Inspeccionar, limpiar y pintar defectos	----	120,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
102			Colocar pasadores y plantilla	----	59,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
103			Empaquetar	----	58,00	1	●	➡	□	▢	▽	X		
104			Almacenar producto terminado	----	----	30	○	➡	□	▢	▽		X	

Anexo 17. Cálculo de tiempos VA y NVA propuesto

Tabla 82 Cálculo de tiempos VA y NVA propuesto

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN																
Tiempos VA y NVA																		
Empresa:		LIWI	Método:		Actual / Propuesto	Hoja #:		1 de 1										
Macroproceso:		Fabricación de calzado	Modelo:		DE02	Fecha:		3/01/2023										
Departamento:		Producción	Realizado por:		Josué Idrobo	Diagrama #:		1										
N	Procesos	Subprocesos	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Agrega V		No Agrega			Tiempo Total	Agrega		No Agrega			
							Necesario	No esencial	Tiempo VA	Necesario	No esencial		Tiempo NVA	Tiempo VA	% VA	Tiempo NVA	% NVA	
1	Bodega de M. P	Recepción de M. P	Almacenar materia prima	225	199512,00	886,72			X			886,72	886,72	0,00	0,00	886,72	100,00	
2	Corte	Corte	Transportar rack de materia prima (cuero, cuero sintético espuma) al área de corte	35	10,00	0,29			X			0,29	143,06	140,77	98,40	2,29	1,60	
3			Troquelado de piezas de cuero	1	97,02	97,02	X		97,02									
4			Colocar piezas de cuero y cuero sintético en rack	1	8,00	8,00		X	8,00									
5			Troquelar espuma	1	7,78	7,78	X		7,78									
6			Colocar piezas de espuma en rack	1	2,00	2,00				X		2,00						
7			Recortar forros	1	27,97	27,97	X		27,97									
8		Corte de plantillas	Recortar eva de plantilla y almacenar en rack	1	20,00	20,00	X		20,00									
9			Recortar sintético y almacenar	1	20,23	20,23	X		20,23									
10			Codificar sintético	1	2,00	2,00	X		2,00									
11			Recortar tafilete de cuero	1	31,67	31,67	X		31,67									
12			Troquelar tafilete de cuero	1	17,55	17,55	X		17,55									
13			Transportar tafilete a la máquina estampadora	35	2,00	0,06				X		0,06						
14			Estampar logo en tafilete	1	19,43	19,43	X		19,43									
15			Transportar tafilete estampados a rack	35	3,00	0,09				X		0,09						
16			Punta y contrafuerte	Troquelar contrafuerte y almacenar en rack correspondiente	1	7,25	7,25	X		7,25								
17		Troquelar punta y almacenar en rack correspondiente		1	7,70	7,70	X		7,70									
18		Transportar punta y contrafuerte al área de montaje		35	8,00	0,23				X		0,23						
19		Rayado y destallado	Rayado	Colocar modelos para piezas de cuero y rayar piezas	1	80,00	80,00	X		80,00								
20	Pintar bordes y dejar secar pintura de piezas de cuero			1	39,01	39,01	X		39,01									
21	Destallado		Destallar bordes tipo tumbado	1	41,59	41,59	X		41,59									
22			Destallar bordes tipo embolsado	1	180,63	180,63	X		180,63									
23	Aparado	Aparado de talón	Tomar las piezas 1, 2 (ensamble A) realizar el cosido interno y recortar hilos	1	9,00	9,00	X		9,00									
24			Coser cara externa de ensamble A	1	25,00	25,00	X		25,00									
25			Doblar costuras de ensamble A	1	6,00	6,00	X		6,00									
26			Colocar pegamento en bordes internos, externos, exterior medio y secar	1	17,00	17,00	X		17,00									
27			Tomar las piezas 3, 4, 5 colocar pegamento dejar secar y unir (ensamble B)	1	45,00	45,00	X		45,00									
28			Tomar el ensamble A y unir al ensamble B (ensamble C)	1	15,00	15,00	X		15,00									
29			Tomar el ensamble C, colocar pegamento, piezas 7, 8 y unir (ensamble D)	1	22,00	22,00	X		22,00									
30			Tomar el ensamble D colocar pegamento, unir a pieza 6 (ensamble E)	1	20,00	20,00	X		20,00									
31		Tomar el ensamble E, coser uniones	1	45,00	45,00	X		45,00										
32		Aparado de cuello	Tomar el ensamble E, coser internamente a pieza 12 (ensamble F)	1	25,00	25,00	X		25,00									
33			Tomar ensamble F, pieza 11, colocar pegamento, unir (ensamble G)	1	20,00	20,00	X		20,00									
34			Tomar ensamble G, rociar pega blanca y dejar secar	1	8,00	8,00	X		8,00									
35			Tomar ensamble G dar vuelta al forro, recortar excedente y coser cuello	1	60,00	60,00	X		60,00									
36			Tomar el ensamble G, doblar hacia afuera y coser el forro interno del ensamble G con pieza 13 (ensamble H)	1	30,00	30,00	X		30,00									

Tabla 82 Cálculo de tiempos VA y NVA propuesto (continuación)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN																					
Tiempos VA y NVA																							
Empresa:		LIWI	Método:		Actual / Propuesto	Hoja #:		1 de 1															
Macroproceso:		Fabricación de calzado	Modelo:		DE02	Fecha:		12/11/2022															
Departamento:		Producción	Realizado por:		Josué Idrobo	Diagrama #:		1															
N	Procesos	Subprocesos	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Agrega V		No Agrega			Tiempo Total	Agrega		No Agrega								
							Necesario	No esencial	Tiempo VA	Necesario	No esencial		Tiempo NVA	Tiempo VA	% VA	Tiempo	% NVA						
37	Aparado	Aparado de capellada	Tomar piezas 9, 10, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble I)	1	25,00	25,00	X		25,00				343,00	343,00	100,00	0,00	0,00						
38			Tomar ensamble I, realizar cosido	1	15,00	15,00	X		15,00														
39			Tomar el ensamble I, colocar pegamento en borde y dejar secar	1	10,00	10,00	X		10,00														
40			Tomar ensamble H recortar hilos, doblar hacia adentro y colocar pegamento en borde interior y dejar secar	1	8,00	8,00	X		8,00														
41			Tomar etiquetas y colocar pegamento en borde de etiquetas de la empresa	1	3,00	3,00	X		3,00														
42			Unir ensambles I, H, etiquetas (ensamble J)	1	30,00	30,00	X		30,00														
43			Tomar el ensamble J, realizar cosido de uniones, recortar hilos	1	19,00	19,00	X		19,00														
44			Tomar el ensamble J, rociar pega blanca en empeine interno, dejar secar, unir	1	40,00	40,00	X		40,00														
45			Coser borde exterior de empeine de ensamble J y recortar hilos	1	31,00	31,00	X		31,00														
46			Recortar el forro excedente del empeine y punta, y colocar en una canasta	1	42,00	42,00	X		42,00														
47			Tomar el ensamble J, realizar agujeros para ojales	1	40,00	40,00	X		40,00														
48			Colocar ojales en los agujeros y comprimirlos	1	80,00	80,00	X		80,00														
49			Aparado	Aparado de lengüeta	Tomar las piezas 15, 16, y etiqueta de la empresa, colocar pegamento, dejar secar, unir (ensamble K)	1	2,70	2,70	X		2,70								167,70	167,70	100,00	0,00	0,00
50					Tomar el ensamble K, realizar el cosido y recortar hilos	1	9,00	9,00	X		9,00												
51	Tomar la pieza 14 y realizar el cosido superior en el ensamble K (ensamble L) y recortar hilos y forro superior excedente	1			26,00	26,00	X		26,00														
52	Doblar hacia afuera el ensamble L y corregir esquinas con tijera	1			23,00	23,00	X		23,00														
53	Tomar espumas de relleno e insertar dentro de ensamble L	1			12,00	12,00	X		12,00														
54	Tomar el ensamble L, realizar el cosido exterior en el extremo de la espuma de relleno	1			18,00	18,00	X		18,00														
55	Recortar forro sobrante en los extremos y hilos de la lengüeta	1			17,00	17,00	X		17,00														
56	Tomar el ensamble J, coser a ensamble L (ensamble M) en el empeine y recortar hilos	1			60,00	60,00	X		60,00														
57	Aparado	Aparado de plantilla	Tomar las piezas 17, 18, 19, colocar pegamento, dejar secar y unir (ensamble N)	1	30,00	30,00	X		30,00			985,77	95,00	9,64	890,77	90,36							
58			Coser ensamble N en extremos e interior junto a etiqueta informativa	1	30,00	30,00	X		30,00														
59			Unir el ensamble N a las puntas extrema del forro interno del ensamble M, coser y recortar hilos	1	35,00	35,00	X		35,00														
60			Inspeccionar aparado	1	5,00	5,00				X	5,00												
61			Trasportar zapato aparado al área de montaje	35	6,00	0,17				X	0,17												
62			Almacenar zapato aparado	10	8856,00	885,60				X	885,60												
63	Montaje	M. de talón	Tomar el zapato de la canasta, ubicar dos contrafuertes y colocar en la máquina conformadora	1	60,00	60,00	X		60,00			120,00	120,00	100,00	0,00	0,00							
64			Tomar el zapato y colocarlo en la enfriadora de talón	1	60,00	60,00	X		60,00														
65		M. de punta	Tomar punta y colocar pegamento	1	5,00	5,00	X		5,00			63,00	63,00	100,00	0,00	0,00							
66	Prensar en la máquina pre-fromadora de puntas y almacenar en un estante móvil		1	58,00	58,00	X		58,00															
67	Empastado	Preparar horma	Tomar el zapato del estante móvil y colocar agujetas	1	50,00	50,00	X		50,00			206,00	206,00	100,00	0,00	0,00							
68			Colocar pegamento en la parte interna del zapato	1	25,00	25,00	X		25,00														
69			Insertar horma	1	35,00	35,00	X		35,00														
70			Ajustar horma con pasadores y clavos	1	70,00	70,00	X		70,00														
71			Recortar rebabas de punta	1	26,00	26,00		X	26,00														
72		Empastado	Colocar 2da capa de pegamento en la parte interna del zapato	1	51,00	51,00	X		51,00			98,00	93,00	94,90	5,00	5,10							
73			Colocar pegamento en cambiión y ortesis	1	17,00	17,00	X		17,00														
74			Unir cambiión a plantilla, colocar pegamento	1	20,00	20,00	X		20,00														
75			Unir ortesis al cambiión	1	5,00	5,00	X		5,00														
76			Inspeccionar empastado del zapato	1	5,00	5,00				X	5,00												

Tabla 82 Cálculo de tiempos VA y NVA propuesto (continuación)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL		CARRERA DE ING. INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN																		
Tiempos VA y NVA																						
Empresa:		LIWI		Método:		Actual / Propuesto		Hoja #:		1 de 1												
Macroproceso:		Fabricación de calzado		Modelo:		DE02		Fecha:		12/11/2022												
Departamento:		Producción		Realizado por:		Josué Idrobo		Diagrama #:		1												
N	Procesos	Subprocesos	Actividades	Frecuencia	Tiempo ciclo (seg)	Tiempo de ciclo (seg/unidad)	Agrega V			No Agrega			Agrega		No Agrega							
							Necesario	No	Tiempo VA	Necesario	No	Tiempo NVA	Tiempo Total	Tiempo	% VA	Tiempo	% NVA					
77	Armado	A. de punta	Tomar el zapato del estante móvil y prensar con la máquina reactivadora de puntas	1	46,00	46,00	X		46,00		X	46,00	83,00	83,00	100,00	83,00	0,00					
78			Tomar el zapato con punta reactivada y ubicar dentro de la máquina de armado de puntas y colocar en estante móvil	1	37,00	37,00	X		37,00		X	37,00										
79		A. de talón	Tomar el zapato del estante móvil y colocar en la máquina reactivadora de talón para reactivar	1	60,00	60,00	X		60,00									104,00	103,00	99,04	1,00	0,96
80			Tomar el zapato de la máquina reactivadora y cerrar costados mediante la máquina cerradora	1	20,00	20,00	X		20,00													
81			Tomar el zapato de la máquina cerradora prensar talón y colocar en estante móvil	1	23,00	23,00	X		23,00													
82			Inspeccionar armado del zapato	1	1,00	1,00					X	1,00										
83	Preparado de planta	Preparado de planta	Cardado de planta	1	48,00	48,00	X		48,00			197,42	194,00	98,27	3,42	1,73						
84			Sopleteado	1	6,00	6,00	X		6,00													
85			Transportar planta a mesa de preparado de planta	12	5,00	0,42					X						0,42					
86			Cepillado	1	10,00	10,00	X		10,00													
87			Colocar liquido limpiador de planta	1	16,00	16,00	X		16,00													
88			Colocar pegamento	1	63,00	63,00	X		63,00													
89			Colocar adhesivo de calzado	1	51,00	51,00	X		51,00													
90			Transportar planta a reactivadora de planta	1	3,00	3,00				X							3,00					
91	Cardado	Rayado	Tomar del estante móvil el zapato y junto a una planta rayar los bordes	1	42,00	42,00	X		42,00			42,48	42,00	98,87	0,48	1,13						
92			Transportar zapato rayado al área de cardado	25	12,00	0,48				X	0,48											
93		Cardado	Realizar el cardado de bordes inferiores	1	63,00	63,00	X		63,00								63,40	63,00	99,37	0,40	0,63	
94			Transportar zapato cardado al área de pegado de planta	25	10,00	0,40				X	0,40											
95	Pegado de planta	Pegado de planta	Tomar el zapato del estante y colocar 1ra capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	1	60,00	60,00	X		60,00			375,00	375,00	100,00	0,00	0,00						
96			Colocar 2da capa de pegamento en la superficie inferior y colocar en estante	1	60,00	60,00	X		60,00													
97			Colocar el zapato, planta y reactivar	1	200,00	200,00	X		200,00													
98			Tomar el zapato, planta y matillo zapatero y unir manualmente	1	40,00	40,00	X		40,00													
99			Comprimir planta	1	15,00	15,00	X		15,00													
100	Terminado y Empaquetado	Terminado y Empaquetado	Retirar cordones y hormas	1	30,00	30,00	X		30,00			1596,60	267,00	16,72	1329,60	83,28						
101			Inspeccionar, limpiar y pintar defectos	1	120,00	120,00	X		120,00													
102			Colocar pasadores y plantilla	1	59,00	59,00	X		59,00													
103			Empaquetar	1	58,00	58,00	X		58,00													
104			Almacenar producto terminado	30	39888	1329,60				X							1329,60					
Total (seg)						6289,58			3169,53			3203,05										
(min)						104,83			52,83			53,38										