

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA CONFECCIÓN DE  
ROPA DEPORTIVA DE UNA PYME APLICANDO HERRAMIENTAS  
DE MANUFACTURA ESBELTA**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el bachiller

**Juan Carlos Luque Huanca**

Asesor: Jonatán Edward Rojas Polo

Lima, enero de 2020

## **RESUMEN DE TESIS**

La presente investigación se desarrolló en una pyme de confecciones de la ciudad de Juliaca dedicada a la producción de ropa deportiva. Actualmente, las pymes representan el mayor número de empresas registradas en el país y en su mayoría son emprendimientos unipersonales o familiares basados en un oficio o experiencia en comercialización. Por tal motivo, carecen de herramientas modernas de gestión y optimización de procesos, situación que los pone en desventaja para competir con los productos importados de origen asiático.

El presente trabajo tiene como finalidad incrementar la producción y mejorar la productividad de los procesos de una pyme mediante la identificación de procesos críticos, desperdicios y aplicación de herramientas de Manufactura esbelta (5S's, estandarización y kaizen). Para el desarrollo de este trabajo, se levantó información disponible de la empresa como indicadores de producción y se realizó visitas para obtener información no disponible como tiempos por proceso. Es normal que una empresa pequeña no cuente con los indicadores necesarios en su proceso productivo como tiempos de producción y tiempos de demora.

El trabajo tiene como primer capítulo el marco teórico donde se expone los principios y herramientas de Manufactura esbelta. Posterior al marco teórico, se exponen tres casos de estudio que tuvieron una implementación exitosa de las herramientas propuestas. También se presenta un diagnóstico de la industria textil y confecciones partiendo de nivel global hasta el mercado local donde opera la empresa. Luego, se realiza un diagnóstico de los procesos de confección para identificar el proceso cuello de botella y compararlo con el takt time. Tal comparación permite identificar las herramientas a utilizar para la mejora de procesos.

Como resultado de las mejoras propuestas se estima un incremento de la capacidad de producción de 10% en su principal familia de productos: "buzos sin forro". Con una inversión inicial de 20,130 soles y 13,325 a lo largo del primer año, se desarrolló la evaluación económica obteniendo una TIR de 25.3% y un VAN positivo, el tiempo de retorno de inversión de 1.83 años o 22 meses.

Finalmente se concluye que la aplicación de herramientas de manufactura esbelta es viable en pequeñas empresas ubicadas en Juliaca y que permitiría el crecimiento de las mismas.

## TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título profesional de Ingeniero Industrial  
ALUMNO : Juan Carlos Luque Huanca  
CODIGO : 20092164  
ASESOR : Ing. Jonatán E. Rojas Polo  
TEMA : Análisis y propuesta de mejora en la confección de ropa deportiva de una pyme aplicando herramientas de manufactura esbelta  
N° TEMA :  
FECHA : 06/12/2019

---

### JUSTIFICACIÓN:

El sector Textil y prendas de vestir genera 463 mil puestos de trabajo directo, siendo el más alto comparado con otros sectores económicos del país, según la Sociedad Nacional de Industrias (SIN)<sup>1</sup> a junio de 2018. Si bien la minería es el sector que más contribuye al PBI, el sector textil tiene un rol importante en la sociedad peruana al ser fuente de ingreso y sustento para miles de familias, no solo a nivel de Lima sino a nivel nacional. Esto último es corroborado al ver la cantidad de empresas existentes en el sector. Según el mismo reporte de la SIN, de 53,365 empresas registradas en el 2016, 50,924 corresponden a microempresas, 2156 pequeñas y 284 medianas y grandes.

Cerca de 53 mil empresas son micro y pequeñas empresas (mype). Esta situación marca características particulares del sector y al tipo de empresario que se desenvuelve en el negocio, ya que la mayoría de negocios son emprendimientos unipersonales o familiares basados en la experiencia laboral de confección o de comercialización de telas y prendas

---

<sup>1</sup> SIN: Industria Textil y confecciones junio 2018 - Tríptico elaborado por la Sociedad Nacional de Industrias.

de vestir. Las MYPES a nivel nacional carecen de sistemas de planificación y crecimiento empresarial, ya que los emprendedores del sector desconocen herramientas de gestión modernas como planes estratégicos, planes operativos y sistemas de producción en fábrica. El Ministerio de la Producción<sup>2</sup> señala que el 40% de las mipymes<sup>3</sup> tuvieron ingresos menores o iguales a 2 UIT (7900 soles anual o 658 mensual) y son consideradas empresas sin potencial a generar utilidad ni productividad. Mientras que el 26 % de las mipymes tuvieron ventas superiores a 13 UIT (51,350 soles anual) las cuales tienen mayor potencial para mantener su capital original e invertir en su crecimiento y por tanto mejorar su productividad. En un entorno competitivo donde la producción de China o de India ingresa con facilidad a los mercados peruanos es preciso mejorar el sistema de trabajo de la industria nacional, lo último equivale a reducir tiempos de producción y costos e incrementar calidad y productividad en el proceso de confección. Ante ello surge la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación para proponer mejoras a los actuales sistemas de producción de las pequeñas empresas, vale decir a ese 26% con potencial de crecimiento.

También es preciso señalar que la mayoría de trabajos de investigación se realizan para empresas ubicadas en Lima y muy pocas enfocadas en el resto del país. Por ello, el presente trabajo realiza el estudio a una pequeña empresa ubicada en la ciudad de Juliaca, para identificar sus debilidades y proponer herramientas de Manufactura Esbelta que permitan su crecimiento y desarrollo en el mercado local. El mercado de Juliaca tiene importancia a nivel regional pues es un clúster de confección de ropa a nivel del Sur del país.

#### OBJETIVO GENERAL:

Mejorar los procesos productivos en una fábrica dedicada a la confección de ropa deportiva mediante la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta.

#### OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- Desarrollar el marco teórico de Manufactura Esbelta aplicable al diagnóstico y propuesta de mejora de la empresa.

---

<sup>2</sup> Ministerio de la Producción – Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y comercio interno 2016.

<sup>3</sup> Mipyme: Clasificación de empresas según la ley 30056. Micro, pequeña y mediana empresa

- Describir la situación de la industria textil en relación a Perú y la situación de la empresa.
- Realizar el análisis y diagnóstico de los procesos productivos para identificar desperdicios en la empresa.
- Plantear propuestas de mejora que eliminen desperdicios hallados mediante herramientas de manufactura esbelta.
- Realizar la evaluación y análisis económico de la propuesta respecto a la situación actual.

#### PUNTOS A TRATAR:

- Marco Teórico**  
Se describirá los conceptos, principios y elementos de Manufactura Esbelta que permiten la aplicación en la empresa en estudio. También se describirá las principales herramientas de manufactura esbelta con énfasis en VSM, 5S y Kaizen.
- Casos de estudio**  
Se expondrá tres casos de estudio con la implementación exitosa de herramientas de Manufactura Esbelta.
- Situación del sector y descripción de la empresa**  
Se describirá los aspectos principales del sector a nivel global, nacional y local para luego exponer el entorno en el que trabaja la empresa y los principales aspectos internos.
- Diagnóstico de la empresa**  
Se describirá los procesos de la empresa mediante mapas visuales, se identificará las actividades que agregan y no agregan valor y se identificará los desperdicios asociados a cada actividad.
- Propuesta de mejora**  
Se propondrá alternativas de mejora en los procesos críticos, aplicando herramientas de Manufactura Esbelta que eliminen desperdicios.
- Evaluación económica**  
Se evaluará económicamente la inversión para la propuesta de mejora y los ahorros esperados.

g. Conclusiones y recomendaciones

---

Asesor



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre Juan quien me alentó a realizar este trabajo de investigación, a mi asesor Ing. Jonatan Rojas por la paciencia hacia sus estudiantes y por saber encaminar a personas en formación mediante consejos, textos y experiencias. A mi universidad PUCP por la exigencia al estudio desde primer ciclo.

Agradezco a mi madre Amelia quien fue el motor para todos los logros alcanzados en mi familia y quién me impulsó a estudiar en tan prestigiosa casa de estudios.



## **DEDICATORIA**

A mi familia por todo su apoyo y aliento en los momentos felices y difíciles. Una carrera profesional es un largo proceso de aprendizaje con aciertos y errores. Familia, fueron el aliento y la energía que necesité en todo este proceso de formación. A mi hermana Paola quien siempre me impulsó a continuar el camino profesional e iniciar nuevos proyectos.



## INDICE GENERAL

Capítulo I: MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. Manufactura Esbelta .....	1
1.1.1. Definición .....	1
1.1.2. Principios de Manufactura Esbelta .....	5
1.1.3. El desperdicio .....	6
1.2. Herramientas de Manufactura Esbelta .....	12
1.2.1. Las 5S's .....	13
1.2.2. Mapa de flujo de Valor - VSM .....	20
1.2.3. Estandarización .....	22
1.2.4. Kaizen .....	24
Capítulo II: ESTUDIO DE CASOS .....	27
2.1. Caso de estudio 1: Reducción del tiempo de producción aplicando VSM (mapeo de flujo de valor): Un caso de estudio. ....	27
2.2. Caso de estudio 2: Implementación de herramientas Lean en los procesos de manufactura de accesorios textiles. ....	29
2.3. Caso de estudio 3: Estandarización y optimización de una línea de producción de componentes de automóviles .....	31
Capítulo III: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	33
3.1. Diagnóstico del sector textil y confecciones .....	33
3.2. Diagnóstico a nivel nacional .....	34
3.3. Diagnóstico a nivel local .....	36
3.4. Descripción de la empresa .....	38
3.4.1. Reseña histórica .....	38
3.4.2. Cultura organizacional .....	38
3.4.3. Infraestructura y maquinaria .....	39
3.4.4. Descripción de los productos .....	42
Capítulo IV: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA .....	45
4.1. Análisis de ingresos .....	45
4.2. Análisis de procesos .....	46

4.2.1. Mapeo de procesos .....	46
4.3. Mapeo de flujo de valor .....	53
*4.3.1. Descripción de la familia elegida y mapeo de flujo de valor.....	55
4.3.2. Identificación de actividades que agregan y no agregan valor.....	59
4.3.3. Actividades que no agregan valor.....	74
4.4. Identificación de desperdicios .....	75
4.5. Los 5 por qué .....	80
Capítulo V: PROPUESTAS DE MEJORA .....	83
5.1. Implementación de las 5S'S .....	83
5.1.1. Objetivo .....	84
5.1.2. Primera S (Seiri): Clasificar .....	84
5.1.3. Segunda S (Seiton): Ordenar .....	85
5.1.4. Tercera S (Seiso): Limpiar.....	88
5.1.5. Cuarta S (Seiketsu): Estandarizar .....	88
5.1.6. Quinta S (Shitsuke): Disciplina .....	89
5.1.7. Cronograma de implementación.....	89
5.2. Estandarización de productos, materiales y patrones.....	90
5.2.1. Objetivo .....	90
5.2.2. Hoja técnica para corte.....	90
5.2.3. Hoja de orden de pedido .....	91
5.2.4. Lista de materiales .....	93
5.2.5. Estandarizar el proceso .....	95
5.2.6. Cronograma de implementación.....	96
5.3. Kaizen .....	96
5.3.1. Objetivo .....	96
5.3.2. Difusión y capacitación de Kaizen .....	97
5.3.3. Sistema de sugerencias .....	97
5.3.4. Kaizen orientado a las instalaciones.....	97
5.3.5. Cronograma de implementación.....	99

5.4. Programación y secuenciamiento de operaciones.....	99
5.4.1. Diagrama de GANTT .....	100
5.4.2. Secuenciamiento .....	100
5.4.3. Modelo de Programación Lineal propuesto .....	101
5.5. Heijunka .....	122
5.6. Resultados esperados de las propuestas .....	123
Capítulo VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROPUESTAS.....	131
6.1. Inversión .....	131
6.2. Consumo de horas hombre del proyecto.....	132
6.3. Ahorros y mejoras esperadas.....	135
6.4. Costo de oportunidad .....	136
6.5. Flujo de caja proyectado .....	137
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	138
7.1. Conclusiones.....	138
7.2. Recomendaciones.....	138
Referencias.....	140

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de los sistemas de producción. Elaboración propia.....	2
Figura 2: Características de la producción en masa. Elaboración propia .....	3
Figura 3: Manufactura esbelta en la organización. Elaboración propia.....	3
Figura 4: El Sistema de Producción de Toyota (TPS) .....	4
Figura 5: Aplicación de los principios de Manufactura Esbelta .....	6
Figura 6: Tipos de desperdicios (3 Mus) .....	6
Figura 7: Cómo se llega a justificar el desperdicio .....	7
Figura 8: Sobreproducción .....	7
Figura 9: Inventarios .....	8
Figura 10: Transporte.....	8
Figura 11: Productos defectuosos.....	9
Figura 12: Etapas en la mejora de procesos .....	10
Figura 13: Movimientos innecesarios .....	10
Figura 14: Tiempos inactivos .....	11
Figura 15: Problemas productivos ocultos.....	11
Figura 16: Ocurrencia de los desperdicios .....	12
Figura 17: Ejemplo de tarjeta roja .....	15
Figura 18: Identificador de lugar.....	15
Figura 19: Identificador de item.....	16
Figura 20: Identificador de cantidad .....	16
Figura 21: Procedimiento de implementación de tarjetas rojas y letreros .....	17
Figura 22: Significado de las 5S's .....	19
Figura 23: Mapeo de Flujo de valor – caso ACME .....	23
Figura 24: Tipos de Kaizen .....	25
Figura 25: Mapeo de flujo de valor de la situación inicial del caso de estudio .....	27
Figura 26: Mapeo de flujo de valor futuro del caso de estudio.....	29
Figura 27: Diagrama explicativo del caso.....	30
Figura 28 Diagrama causa – efecto del caso de estudio .....	31
Figura 29: Diagrama de línea de ensamblaje.....	31
Figura 30: Histórico del comercio de prendas de vestir .....	33
Figura 31: Exportaciones de prendas de vestir 2017 de América del Sur y Central .....	34
Figura 32: Valor agregado bruto .....	35
Figura 33: Organigrama de la empresa.....	39
Figura 34: Ubicación de los inmuebles.....	39
Figura 35: Distribución del inmueble 2 .....	40

Figura 36: Distribución del inmueble 1 .....	41
Figura 37. Máquina recta .....	41
Figura 38. Máquina remalladora .....	41
Figura 39. Máquina elastiquera .....	41
Figura 40. Máquinas cortadoras.....	41
Figura 41: Máquina bordadora .....	42
Figura 42: Buzos de la empresa .....	42
Figura 43: Camiseta de dama .....	43
Figura 44: Trusa y camiseta.....	43
Figura 45: Chaleco.....	44
Figura 46: Productos que comercializa la empresa .....	44
Figura 47: Ingresos mensuales 2018 .....	45
Figura 48: Ingresos semanales 2018 .....	45
Figura 49: SIPOC macro de la familia de producto de buzos .....	46
Figura 50: Flujo de proceso de diseño de prenda y firma de contrato .....	48
Figura 51: Flujo de proceso de elaboración de molde .....	49
Figura 52: Flujograma del proceso de corte .....	50
Figura 53: Flujograma del proceso de confección .....	51
Figura 54: Flujograma del proceso de bordado .....	52
Figura 55: Flujograma de acabados y control de calidad .....	54
Figura 56: Ingresos anuales 2018 por familia de productos .....	55
Figura 57: Distribución de tamaño de lote de producción.....	55
Figura 58: Selección de familia de producto.....	56
Figura 59: Tiempos de ciclo por proceso.....	57
Figura 60: Mapeo de flujo de valor de la familia buzos sin forro .....	58
Figura 61: Tiempos de lote por proceso .....	59
Figura 62; DAP del proceso elaboración de molde .....	60
Figura 63: Diseño de molde .....	60
Figura 64: Elaboración de molde .....	61
Figura 65: DAP del proceso de corte .....	62
Figura 66: Pre trazado de tela - buzo sin forro .....	62
Figura 67: Tendido de tela - buzo sin forro.....	63
Figura 68: Trazado de tela – buzo sin forro.....	63
Figura 69: Corte de tela tendida.....	64
Figura 70: Marcado e inspección de cortes.....	64
Figura 71: DAP del proceso de confección .....	66
Figura 72: Tiempos de procesos según tipo de actividad.....	75

Figura 73: Identificación de desperdicios en el taller del local 1 .....	76
Figura 74: Identificación de desperdicios en el local 2.....	78
Figura 75: Identificación de desperdicios en los talleres del local 2.....	78
Figura 76: Los 5 por qué aplicado al desperdicio inventario .....	80
Figura 77: Los 5 por qué aplicado al desperdicio espera y transporte .....	81
Figura 78: Tarjeta roja propuesta .....	85
Figura 79: Proceso de implementación de clasificar y ordenar.....	87
Figura 80: Lista de verificación de las tres primeras S .....	88
Figura 81: Cronograma de implementación de las 5S's .....	89
Figura 82: Tallas propuestas.....	91
Figura 83: Hoja técnica actual del producto .....	92
Figura 84: Propuesta de hoja de recepción de pedido .....	93
Figura 85: Lista de materiales de buzo sin forro.....	94
Figura 86: DOP de elaboración de molde .....	95
Figura 87: Cronograma de implementación de estandarización.....	96
Figura 88: Distribución propuesta del inmueble 1.....	98
Figura 89: Cronograma de implementación de Kaizen.....	99
Figura 90: Diagrama de gantt de un pedido .....	100
Figura 91: Programación de pedidos por semana.....	100
Figura 92. Programación del modelo en AMPL – archivo .mod.....	111
Figura 93. Programación del modelo en AMPL – archivo .dat.....	112
Figura 94. Resultados del PL en el escenario 1 .....	113
Figura 95. Diagrama de Gantt de la programación de pedidos – escenario 1 .....	115
Figura 96. Resultados del PL en escenario 2.....	115
Figura 97. Diagrama de gantt de la programación de pedidos – escenario 2 .....	117
Figura 98. Resultados del PL en escenario 3.....	117
Figura 99. Diagrama de gantt de la programación de pedidos – escenario 3.....	119
Figura 100 Resultados del PL en escenario 4.....	120
Figura 101. Diagrama de Gantt de la programación de pedidos – escenario 4 .....	122
Figura 102. Programación en campaña escolar.....	122
Figura 103: Programación heijunka propuesta para la campaña escolar .....	122
Figura 104. Modelado en software Flex Sim – Vista global.....	126
Figura 105. Resultados esperados de las propuestas de mejora .....	127
Figura 106. Modelado en software Flex Sim – Taller del local 1.....	128
Figura 107. Modelado en software Flex Sim – Local 2.....	129
Figura 108. Propuesta de redistribución modelada en software Flex Sim .....	130

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades que no agregan valor y desperdicio asociado.....	28
Tabla 2. Causa raíz de inventarios.....	29
Tabla 3. Tiempos del caso de estudio 3.....	32
Tabla 4. Puestos de trabajo directos por industria.....	35
Tabla 5. Exportaciones 2016 -2017 del sector Textil y Confecciones.....	35
Tabla 6. Importaciones 2016 – 2017 del sector textil y confecciones .....	36
Tabla 7. Empresas por tamaño dedicadas a la confección.....	36
Tabla 8. Conclusiones del estudio de posicionamiento de marca de mypes de confecciones en la provincia de San Román - 2014 .....	37
Tabla 9. Identificación de actividades en elaboración de molde .....	61
Tabla 10. Identificación de actividades en corte .....	65
Tabla 11. Actividades del armado de pecho.....	67
Tabla 12. Actividades del armado de manga .....	68
Tabla 13. Actividades en el armado de espalda .....	69
Tabla 14. Actividades de armado de cuello y contrapecho.....	71
Tabla 15. Actividades finales de casaca .....	72
Tabla 16. Identificación de actividades en confección.....	74
Tabla 17. Identificación de actividades por cada proceso. ....	74
Tabla 18. Desperdicios asociados a la familia buzo sin forro .....	79
Tabla 19. Desperdicios observados, según su clasificación.....	79
Tabla 20. Propuesta de herramientas para la mejora de procesos.....	82
Tabla 21. Lista de materiales requeridos por área .....	84
Tabla 22. Orden propuesto para almacén .....	86
Tabla 23. Resultado de las dos primeras S.....	86
Tabla 24. Consumo de tela promedio por talla .....	96
Tabla 25. Grupos de trabajo Kaizen.....	97
Tabla 26. Variables a estimar en el modelo .....	101
Tabla 27. Otras variables y parámetros a utilizar en el modelo .....	101
Tabla 28. Tiempos de operación en el modelo de PL en escenario 1 .....	113
Tabla 29. Resultados de la variable YC en escenario 1 .....	113
Tabla 30. Resultados de las variables A, B, C en escenario 1 .....	114
Tabla 31. Resultados de la variable FC en escenario 1 .....	114
Tabla 32. Tiempos de operación del modelo de PL en escenario 2 .....	115
Tabla 33. Resultados de la variable YC en escenario 2 .....	116
Tabla 34. Resultados de las variables A, B, C en escenario 2 .....	116

Tabla 35. Resultados de la variable FC en escenario 2. ....	117
Tabla 36. Tiempos de proceso para el modelo de PL en escenario 3. ....	118
Tabla 37. Resultados de la variable YC en escenario 3. ....	118
Tabla 38. Resultados de las variables A, B y C en escenario 3.....	119
Tabla 39. Resultados de la variable FC en escenario 3. ....	119
Tabla 40. Tiempos de operación del modelo de PL en escenario 4. ....	120
Tabla 41. Resultados de la variable YC en escenario 4. ....	120
Tabla 42. Resultados de las variables A, B y C en escenario 4.....	121
Tabla 43. Resultados de la variable FC en escenario 4. ....	121
Tabla 44. Estimación de disminución de desperdicios en la familia buzos sin forro .....	124
Tabla 45. Impacto en la producción de buzos sin forro .....	125
Tabla 46. Estimación de mejoras propuestas en actividades que no agregan valor.....	127
Tabla 47. Costos de materiales y servicios externos en la implementación de Manufactura esbelta .....	131
Tabla 48. Descripción del consumo de tiempo semanal en la implementación de 5S's.....	132
Tabla 49. Consumo de tiempo por área en implementación de 5S's.....	133
Tabla 50. Costo de implementar 5S atribuido al personal. ....	133
Tabla 51. Descripción del consumo de tiempo semanal en la implementación de estandarización.....	134
Tabla 52. Descripción del consumo de tiempo semanal en la implementación de Kaizen. 134	
Tabla 53. Consumo de tiempo por área en implementación de estandarización .....	135
Tabla 54. Costo asociado al personal en la implementación de estandarización .....	135
Tabla 55. Consumo de tiempo por área en implementación de Kaizen.....	135
Tabla 56. Costo asociado al personal en la implementación de estandarización .....	136
Tabla 57. Estimación de costo de oportunidad.....	136
Tabla 58. Flujo de caja del proyecto.....	137

# Capítulo I: MARCO TEÓRICO

En el marco teórico se desarrollará la manufactura esbelta,

## 1.1. Manufactura Esbelta

Se expondrá la definición, origen, elementos y los principios de manufactura esbelta.

### 1.1.1. Definición

La Manufactura Esbelta es una filosofía organizacional que busca la eficiencia de los procesos de producción para obtener productos de calidad y con altos niveles de estandarización. Manufactura Esbelta no es una filosofía rígida sino una filosofía que fue cambiando con el tiempo y adoptó a otras herramientas que mejoraron los procesos de producción.

La metodología Lean (esbelto), según Womack y Jones (2005), consiste en la eliminación de desperdicios aplicando los principios Lean para tener un proceso más eficiente que utilice menos recursos y brinde productos de mayor calidad.

Se denomina Manufactura esbelta en respuesta al sistema de producción en masa, que no era el más adecuado a partir de los años 1950s. Womack, Jones y Roos (1990) explican su origen como la evolución de la producción artesanal a la producción en masa y finalmente a la producción esbelta. La producción en masa tuvo su origen en la producción de autos modelo T de Henry Ford, posterior a la primera guerra mundial se expandió a todas las industrias y finalmente tuvo su caída posterior a la segunda guerra mundial con la aparición del sistema de producción de Toyota. La Manufactura esbelta se origina en las nuevas técnicas y herramientas del sistema de producción japonés, principalmente el de Toyota. El término "esbelto" fue acuñado por el investigador Jhon Krafcik en 1988 el cual hacía referencia a un sistema de producción que utilizara menos de todo en comparación con la producción en masa (Menos recursos, menos tiempo, menos personas, menos inventario, etc.). Por la traducción del inglés algunos autores la denominan manufactura esbelta o ajustada.

Manufactura Esbelta se desarrolló en base al Sistema de Producción de Toyota (TPS) que a su vez se desarrolló en base a la mejora continua de los sistemas de producción en masa. El TPS adaptó importantes herramientas del sistema de producción en masa como la estandarización o la importancia de las economías de escala, luego desarrolló el sistema de flujo pieza a pieza, el sistema de flujo por todo el proceso productivo y el resultado de sus mejoras fueron el justo a tiempo y la herramienta jidoka para la calidad (Liker,2010). Ver Figura 1

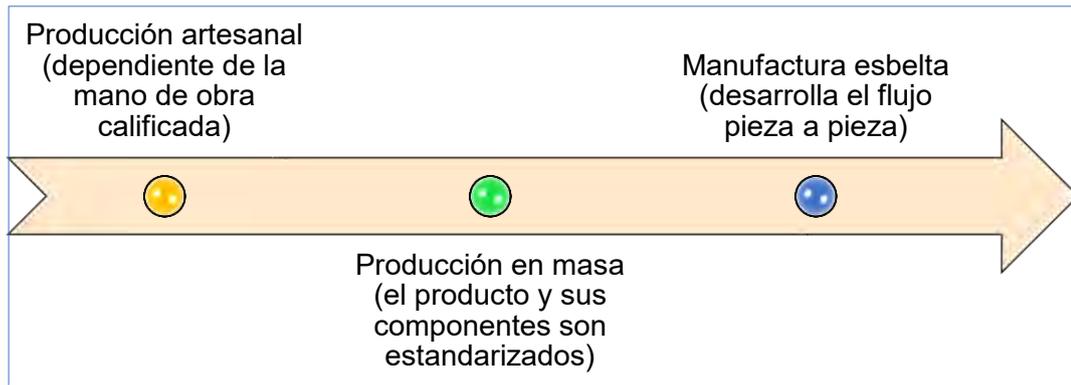


Figura 1: Evolución de los sistemas de producción. Elaboración propia

La manufactura esbelta como filosofía cambiante inicia analizando la producción en masa. Womack et al (1990) explican las bondades de la producción en masa en su mejor momento y las bondades de la producción esbelta para reemplazar a su predecesor. Las características de la producción en masa son, fuerza de trabajo, organización, herramientas y producto. Combinadas las cuatro características permitían que el producto fuese fabricado con partes o componentes estandarizadas que facilitaban el ensamblaje del producto final. Los beneficios se reflejaban en la disminución de tiempos de carga y descarga por ende en menos tiempos de producción y menos costos. En la Figura 2 se describen las características de la producción en masa.

Sin embargo, el sistema de producción en masa no considera al obrero como persona importante en la producción por lo que no le asigna responsabilidades, sino por el contrario, asigna capataces para el control de la producción. Esta situación marca la principal diferencia con la manufactura esbelta que ve a los capataces como personas innecesarias, ya que literalmente no agregan valor al producto. Taiichi Ohno, pionero de las primeras técnicas de Manufactura esbelta en Toyota, se dio cuenta que el sistema de producción en masa estaba lleno de desperdicios en materiales, personas, movimientos y acciones innecesarias.

La manufactura esbelta empodera a las personas, especialmente los obreros que están en contacto directo con la manufactura del producto, para no generar desperdicios. El empoderamiento surge en primer lugar con la formación de equipos de trabajo y un líder que de soporte al equipo. Luego asignarles tareas de limpieza, mantenimiento y control de calidad. Finalmente, motivarlos a proponer mejoras de sus operaciones de manera continua, lo que se denomina Kaizen. Taiichi Ohno se dio cuenta de la importancia de tener motivadas a las personas del equipo de trabajo porque notó que con un trabajo óptimo de los equipos formados se eliminarían los desperdicios de producción.

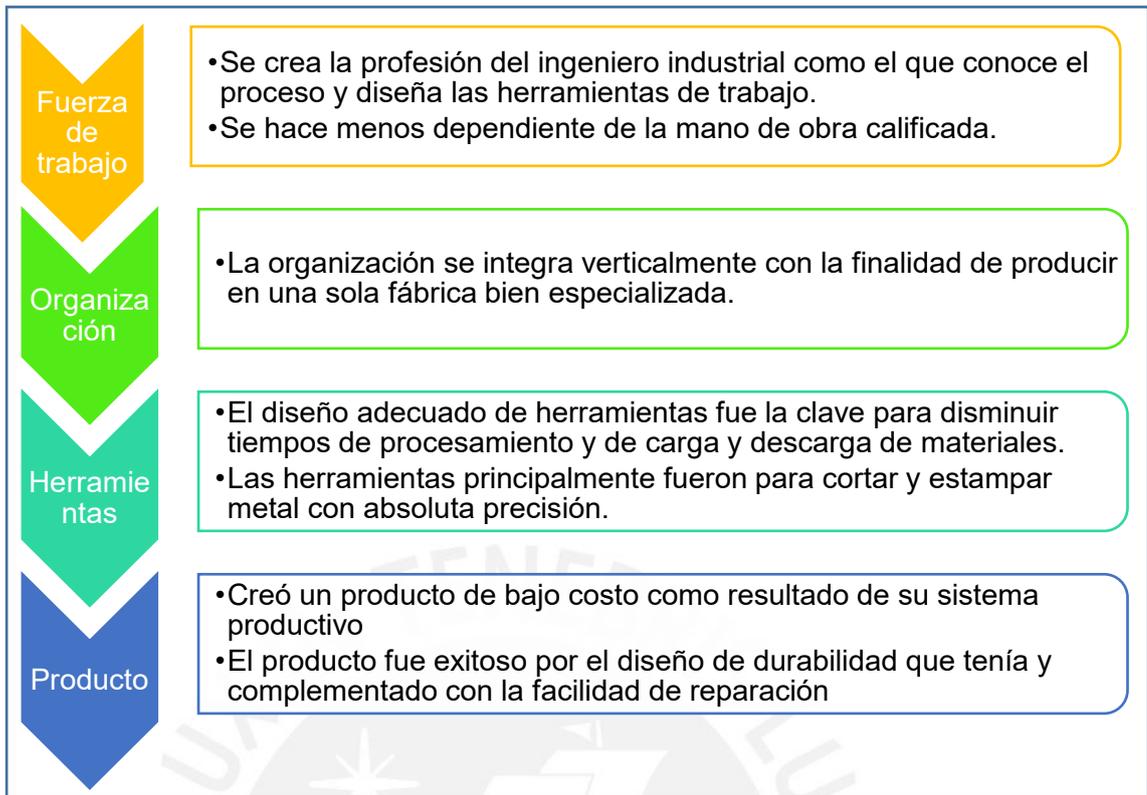


Figura 2: Características de la producción en masa. Elaboración propia

Womack et al (1990) señalan que las dos características más importantes de Manufactura Esbelta a nivel de planta son transferir el mayor número de responsabilidades al trabajador que agrega valor al producto y tener un sistema que identifique los desperdicios y sus causas tan pronto como ocurran.

Manufactura esbelta aplicada solamente a la planta de producción no garantiza la mayor calidad y productividad de la producción, sino que requiere de la aplicación de los principios Lean (Esbelta o ajustado) a la cadena de suministro para abastecer oportunamente la producción en las cantidades y plazos correctos. De ello se creó el sistema Justo a tiempo mediante la herramienta Kanban (Letreros) para optimizar el flujo de producción en cuanto a la reducción de inventarios y disminución de productos defectuosos. La Figura 3 esquematiza la aplicación de gestión “lean”.

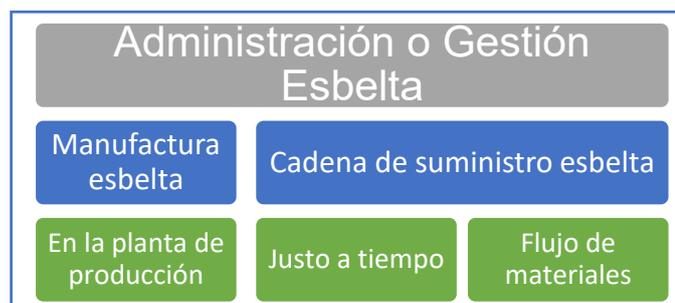


Figura 3. Manufactura esbelta en la organización. Elaboración propia

Cuatrecasas (2009) define Manufactura esbelta como el conjunto de procesos que permite entregar al cliente lo que desee en el momento y cantidad que desee. Según Locher (2008), define como un enfoque sistemático que busca maximizar el valor mediante la minimización el desperdicio y permitiendo que el flujo del proceso productivo se extraiga de la demanda del cliente y sus necesidades. Finalmente se debe buscar la perfección.

Paula Botero (2010) indica que manufactura esbelta tiene sus cimientos en el Sistema de Producción de Toyota (TPS), la Figura 4. Ilustra el TPS. Es importante precisar que Taichi Ohno fue extendiendo y mejorando las ideas ya existentes, como por ejemplo ampliar el concepto de calidad planteado por Deming, que el cliente es la siguiente persona en el proceso productivo. Como resultado se dieron algunas de las herramientas del TPS, se describirán las principales en el acápite 1.2.

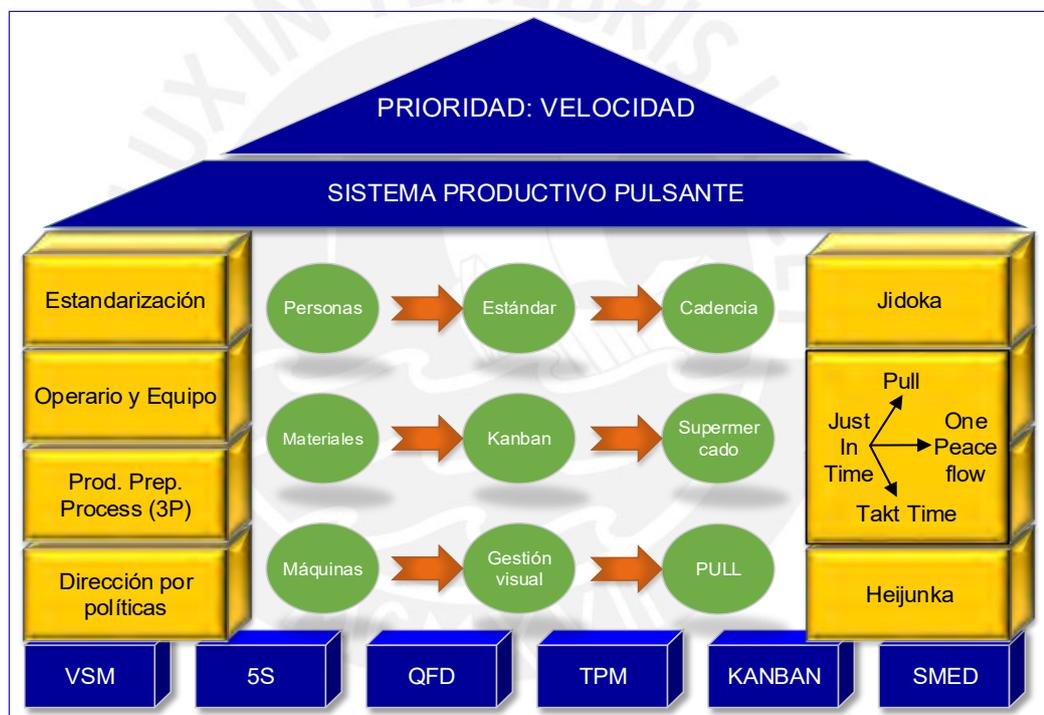


Figura 4: El Sistema de Producción de Toyota (TPS)  
Fuente. Tornos y Juanes (2008)

Tornos y Juanes (2005) resaltan la importancia de la velocidad en un sistema de producción de manufactura esbelta, por ello, en la Figura 4, la velocidad es el techo de la casita del Sistema de Producción de Toyota (TPS). Agregan que el objetivo en manufactura esbelta es alcanzar un sistema que permita adaptarse a las necesidades del mercado y reducir la variabilidad generada.

Los cimientos de la casita del TPS son herramientas de manufactura esbelta (se desarrollará en la sección 1.2). Mientras que la columna izquierda son elementos genéricos de una organización, la columna derecha son elementos más específicos.

Las herramientas mencionadas son:

- VSM: Mapeo de flujo de valor
- 5S: Orden y limpieza
- QFD: Despliegue funcional de la calidad
- TPM: Mantenimiento productivo total
- KANBAN: Herramienta de letreros para mover material
- SMED: Herramienta para disminuir paradas de máquinas.

A pesar de las diversas definiciones y conceptos que establecen los diversos autores sobre manufactura esbelta, lo realmente importante son los principios y herramientas que lo conforman.

#### 1.1.2. Principios de Manufactura Esbelta

Los principios de Manufactura Esbelta, descritos son valor, flujo de valor, flujo de actividades, sistema Pull (jalar) y perfección. Los primeros 4 principios fueron adoptados del Sistema de Producción de Toyota y el quinto complementado por Jones y Womack al estudiar el TPS y describir manufactura esbelta como sistema de producción.

**Valor** es el principio fundamental pues se refiere a identificar lo que realmente desea el cliente (Jones y Womack, 2003). El valor debe definirse con precisión: producto específico, características específicas, precio determinado y mercado segmentado.

**Flujo de valor** son todas las acciones necesarias para llevar un producto desde la concepción en el diseño hasta la entrega al cliente (Jones y Womack, 2003). Las acciones más importantes son solucionar problemas vinculado al diseño de producto, gestionar la información vinculado al manejo de pedidos y programación y manufactura del producto que transforma la materia prima en producto final. La representación gráfica de todo el proceso incluyendo proveedores y distribuidores, permite identificar aquellas actividades que agregan y no agregan valor.

**Flujo de materiales** Consiste en la ejecución del flujo de valor. Debe ser materializado sin generar desperdicios, por tanto, la implementación de los procesos es en flujo continuo y con procesos ubicados cercanamente.

**Pull.** Consiste en producir en función a las necesidades y demandas del mercado, por tanto, la producción debe responder rápidamente. Es decir, tener tiempos de ciclo (lead time) muy corto.

Finalmente se debe mencionar que los principios deben ser aplicados como proceso de mejora continua como se muestra en la Figura 5.

**Perfección** El último principio de manufactura esbelta es resultado de la correcta aplicación de los 4 primeros.

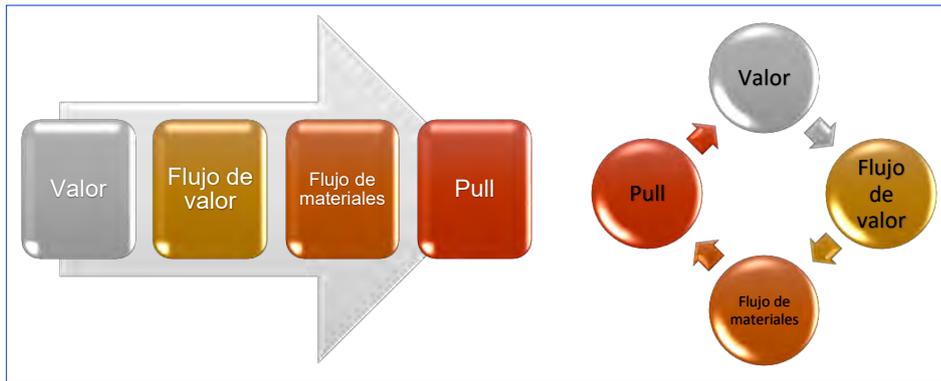


Figura 5: Aplicación de los principios de Manufactura Esbelta  
Fuente. Cuatrecasas (2009)

### 1.1.3. El desperdicio

Manufactura esbelta ataca el desperdicio y es preciso darle una apropiada definición. Hirano (2009) indica: “Todo lo que no sirve es desperdicio, todo lo que no contribuye a la rentabilidad es desperdicio” y agrega que, a pesar de su definición, el concepto puede ser entendido de diversas maneras en cada fábrica o en cada industria y al mismo tiempo resulta difícil distinguir en la práctica que es y que no es desperdicio. El mejor enfoque para la eliminación de desperdicios es el opuesto “definir que es útil” y todo lo que no encaje en la definición será desperdicio. De esa manera, todo lo que es útil en una organización es sinónimo de agregar valor y, equivalentemente, todo lo que es desperdicio es sinónimo de no agregar valor.

#### Tipos de desperdicios

Existen 3 tipos de desperdicios (ver Figura 6):

- Sobrecarga o sobreesfuerzo (Muri) donde la carga excede la capacidad
- Pérdidas o desperdicio (Muda) donde la capacidad excede a la carga
- Desbalance (Mura) la carga no está bien distribuida

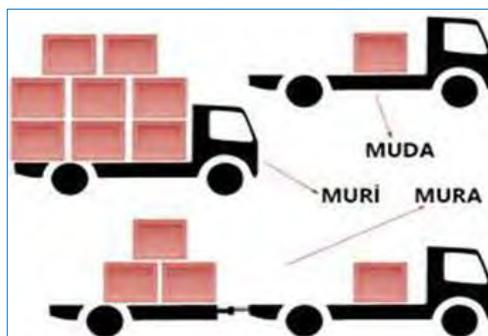


Figura 6: Tipos de desperdicios (3 Mus)  
Fuente: Miroslava et al (2016)

El desperdicio aparece en todas las etapas del proceso productivo y el mayor peligro para una empresa es que existan justificaciones para mantener el desperdicio, lo cual es el resultado de no atacar el problema de raíz sino dar soluciones de momento. La Figura 7 ilustra cómo se llega a justificar un desperdicio.



Figura 7: Cómo se llega a justificar el desperdicio  
Fuente. Hirano (2009)

Hirano (2009) describe 3 tipos de desperdicio adicionales 5MQS, factores de desperdicio de producción y los 7 tipos de desperdicio del justo a tiempo. Este último resulta más adecuado para identificar desperdicios en plantas de producción. Liker (2005) agrega un octavo desperdicio que también son descritos por el sistema de producción de Toyota. A continuación, se describen los 8 desperdicios.

### **Sobreproducción**

Producido por desbalance de capacidad entre procesos. Obstaculiza el flujo de producción, incrementa el nivel de inventarios y limita la flexibilidad de producción. Ver Figura 8.



Figura 8: Sobreproducción  
Fuente. Menéndez (2014)

Restrepo (2017) señala que las principales causas de la sobreproducción son:

- Lógica “just in case” producir más de lo necesario “por si acaso”
- Lotes grandes de producción
- Exceso de personal o maquinaria muy grande que produce a gran velocidad.
- Desbalance de capacidad por exigir la máxima capacidad

Las alternativas de solución son balance de línea, implementación de kanban o flujo de trabajo pieza a pieza.

### **Inventario**

Incluye a la materia prima, producto en proceso y todo aquello que se retiene en algún proceso. Provoca elevados tiempos de entrega, desperdicio de espacio y necesidades de transporte. Ver Figura 9.



Figura 9: Inventarios  
Fuente. Menéndez (2014)

Las posibles causas son aceptar el inventario como necesidad, tener inadecuado layout de planta y no anticipar la producción. Las alternativas de solución son diseñar celdas de manufactura, regular el nivel de la producción y kanban.

### **Transporte**

Es causado por la mala distribución de planta y por el mal manejo de materiales. Genera innecesarias horas de trabajo en transportes, inadecuado uso de espacios y requiere de mayor equipo de transporte. Ver Figura 10.



Figura 10: Transporte  
Fuente. Menéndez (2014)

Restrepo (2017) señala que las posibles causas son inadecuadas layout de planta y trabajadores con habilidad en un solo proceso. Las alternativas de solución son rediseño de layout de planta, entrenar a los trabajadores en varios procesos y evaluar el flujo de producción.

### **Productos defectuosos**

Es importante identificar las causas de los defectos, porque produce quejas de los clientes. Los productos defectuosos incluyen alto costo en materia prima, oportunidad para mejorar en moldes y herramientas. Ver Figura 11.

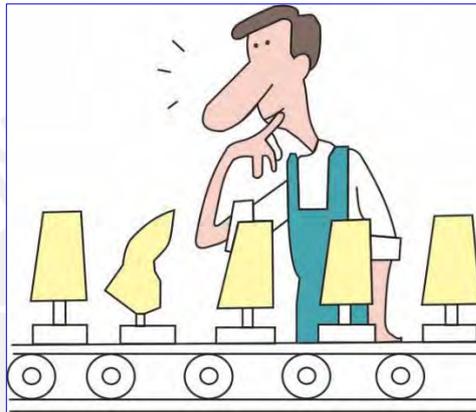


Figura 11: Productos defectuosos  
Fuente. LeanManufacturing10 (2010)

El sitio web LeanManufacturing10 señala las posibles causas del reproceso:

- Poca formación o baja experiencia en los operarios
- No tener puntos de inspección
- Falta de procesos estandarizados.

Las alternativas de solución son estandarizar y automatizar las operaciones, lograr la calidad en cada proceso, implementar inspección de lote completo, el control visual por 5s y kanban.

### **Relacionados al procesamiento, procesos inadecuados o sobre procesamiento**

Este desperdicio se refiere a procesar un producto más de lo necesario y requerido por el cliente. Cuatrecasas (2009) señala que un proceso debe llevarse con las actividades que alcancen sus objetivos utilizando el mínimo de recursos, específicamente tiempo. Es decir, realizar las actividades con el mejor método de trabajo. Para entender mejor este desperdicio ver la Figura 12.

En la Figura 12 se puede apreciar como un mal procesamiento, un proceso mal diseñado o inadecuado puede generar desperdicio en consumo de recursos (tiempo)

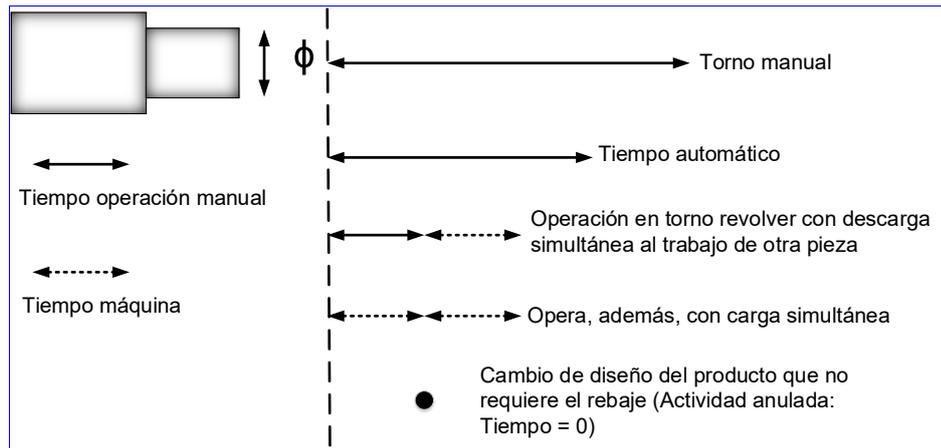


Figura 12: Etapas en la mejora de procesos  
Fuente. Cuatrecasas (2009)

El proceso de torneado de una pieza puede ser ejecutado por 4 alternativas diferentes con diferentes tiempos de ocupación de máquina y operario. Pero al mismo tiempo todo el proceso podría ser innecesario con un mejor diseño de producto.

Las posibles causas de este desperdicio son:

- Inadecuado estudio de procesos y falta de estandarización
- Falta de claridad en los requerimientos del cliente
- Consume tiempo innecesariamente

Las soluciones posibles son revisión de las operaciones, mejora de las herramientas y plantillas utilizadas e implementación de estandarización.

**Relacionados con las operaciones o movimientos**

Son creados por mala disposición de plantas, herramientas o moldes. Genera movimientos innecesarios e incrementa las horas de trabajo requeridas. Ver Figura 13. Las principales causas son la falta de entrenamiento y capacitación al personal, operaciones aisladas si coordinación. Las posibles soluciones son aplicación de la mejora continua (Kaizen y PDCA) y la distinción entre la estandarización superficial y real.

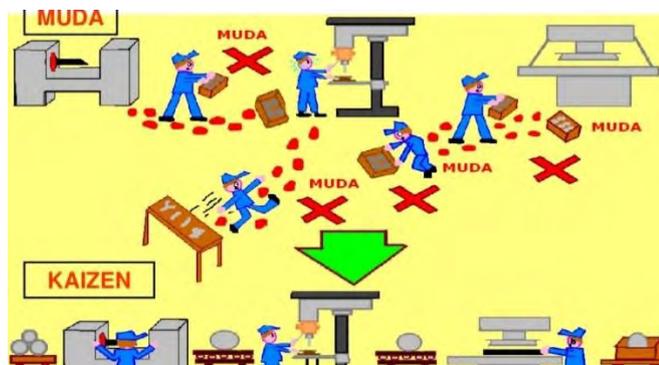


Figura 13: Movimientos innecesarios  
Fuente. Grupo Mexico (2016)

## Tiempos inactivos

Especialmente ocurre con el trabajador o una máquina. Todo tiempo inactivo y de espera incrementa el nivel de inventarios. Ver Figura 14

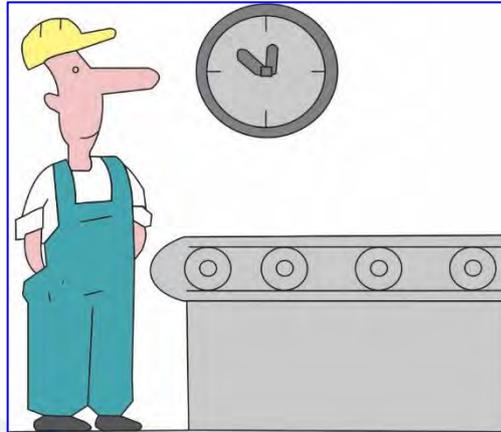


Figura 14: Tiempos inactivos  
Fuente. LeanManufacturing10 (2010)

Las posibles causas son el desbalance de capacidad y lotes de producción grandes. Las soluciones serían diseñar celdas de manufactura, automatización de labores manuales y el poka-yoke.

Cuatrecasas (2009) indica que de todos los desperdicios, el más importante es la sobreproducción porque oculta otros problemas y otros desperdicios. La Figura 15 muestra una equivalencia de cómo se ocultan los problemas y desperdicios cuando se pretende producir cantidades mayores a las demandas.

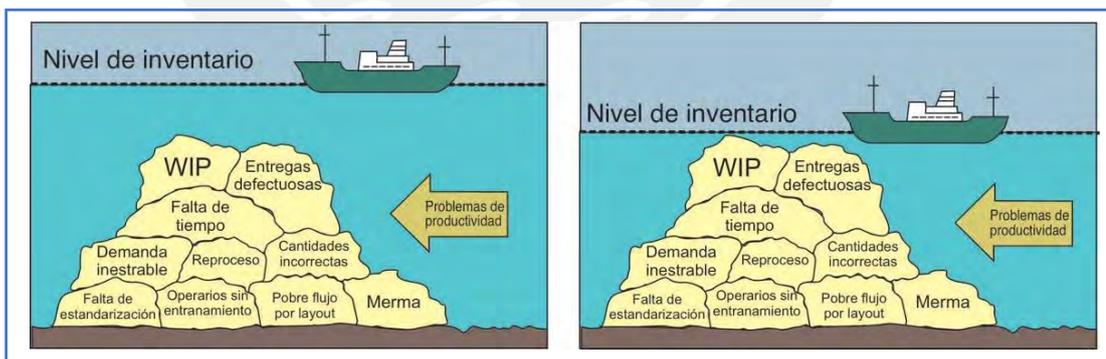


Figura 15: Problemas productivos ocultos  
Fuente. Slack et al (2010)

En la Figura 16 se ilustra dónde ocurren con mayor frecuencia tales desperdicios. La diferencia entre sobreproducción e inventario es por el momento que ocurre. Sobreproducción se observa al final de un proceso, inventario es retención voluntaria o involuntaria de materia prima, producto en proceso o producto terminado.

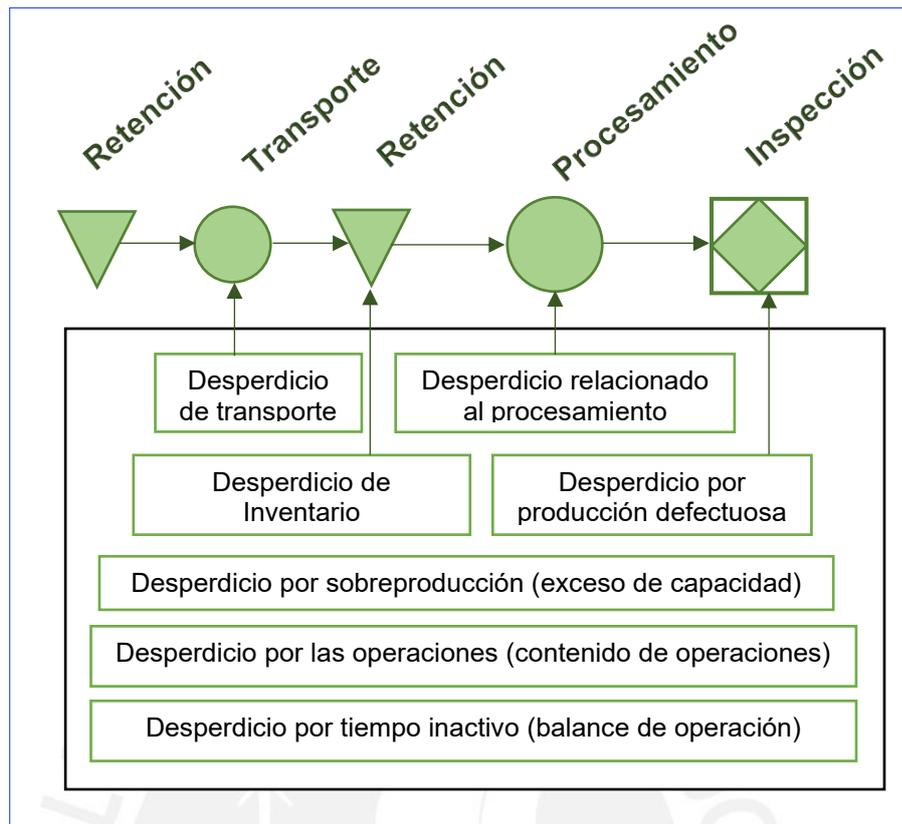


Figura 16: Ocurrencia de los desperdicios  
Fuente: Hirano (2009)

## 1.2. Herramientas de Manufactura Esbelta

Manufactura Esbelta proporciona un conjunto de herramientas para cumplir su propósito, algunas de ellas se presentan a continuación:

### Las 5S's

Es la herramienta fundamental para la implementación de manufactura esbelta, la cual busca el orden y la limpieza del lugar de trabajo de modo que agregue valor a las operaciones diarias. En el acápite 1.2.1 (Las 5S's) se describirá la herramienta con mayor detalle.

### Estandarización

La estandarización es la base de la mejora continua porque permite realizar las tareas sin errores desde el comienzo, eficientemente y sin desperdicios. Existen dos tipos de estándares, el primero aplicada a la administración que se enfoca en regulaciones administrativas y el segundo aplicado a las operaciones que se enfoca en cómo llevar a cabo los procesos. En el acápite 1.2.1 (Las 5S's) se explicará cómo la estandarización se implementa junto con las 5S's en el primer paso para la eliminación de desperdicios. Y en el acápite 1.2.3 se describirá como herramienta.

### **Mapeo de flujo de valor (Value Stream Mapping - VSM)**

Esta herramienta permite analizar la situación actual del flujo de valor y proponer mejoras en base a los principios Lean (Locher, 2008). Se verá con mayor profundidad en el acápite 1.2.2.

### **Despliegue total de la calidad (QFD)**

Botero (2010) lo detalla como un proceso para asegurar los deseos y necesidades de los clientes en características técnicas. El QFD utiliza un método gráfico con el cual se expresa relación entre lo que el cliente desea y la característica del diseño. Finalmente, los requerimientos del cliente se pueden medir y alcanzar.

### **Justo a tiempo (Just in time - JIT)**

Es una herramienta que permite optimizar el flujo de la producción y hace posible que el abastecimiento de productos sea justo cuando van a ser utilizados, justo en la cantidad que se requiere y justo cuando serán procesados. Se recalca la palabra “justo” porque la finalidad de la herramienta es evitar sobrantes e inexactitudes, es decir los desperdicios (Hirano, 2009).

**Kanban** es la herramienta que permite el flujo físico continuo y óptimo en la conversión de materia prima a producto terminado (Liker; 2005). Kanban es una palabra japonesa que significa letrero y funciona precisamente a través de letreros que detallan información importante entre dos procesos continuos. La finalidad de estos letreros es controlar la producción para que siga un proceso pull.

### **Balance de línea (Heijunka)**

Es nivelar la producción entre procesos de modo que ninguno supere el tiempo de ciclo del proceso global y así no generar inventarios. (Liker, 2005). Su aplicación tiene como finalidad no generar sobreproducción que podría estancar el flujo de materiales.

### **Mantenimiento productivo total (TPM)**

Herramienta que permite agilizar tiempos de parada de máquina a través del mantenimiento preventivo.

#### 1.2.1. Las 5S's

Para Hirano (2009), la aplicación de las 5S's en una fábrica, taller, empresa u organización marca el punto de partida para el éxito o fracaso de sus operaciones a largo plazo y representa el cimiento para cualquier proyecto de mejora que se desee implementar posteriormente. Por tanto, es la herramienta fundamental dentro de la manufactura esbelta.

Las 5S's provienen de las iniciales de palabras japonesas, las cuales son: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Higiene y visualización), Shitsuke (Disciplina). Sin embargo, no debe entenderse el sentido literal de cada palabra, ya que el concepto va más allá de su significado. En especial las dos primeras: clasificar y ordenar (seiri y seiton) no significa tener un lugar ordenado donde las maquinarias, materiales y plantillas estén apiladas en columnas o filas, sino que tal clasificación y orden faciliten el trabajo de los trabajadores. Clasificar y Ordenar son el primer paso en el proceso de mejora continua, por lo que se le dará mayor énfasis en su descripción para su correcta aplicación a través de las estrategias de “tarjeta roja” y “letreros”.

#### 1.2.1.1. Las 5S's Visibles

Muchas organizaciones inician la implementación de las 5S's con entusiasmo esperando obtener resultados positivos en un corto plazo, sin embargo no sucede, replantean su forma de trabajo una y otra vez y tampoco obtienen los resultados esperados. Hirano (2009) argumenta que el problema rara vez está en los métodos de mejora de procesos o en la mala organización, sino que el problema está en cómo identificar las formas de desperdicio en un determinado taller. Además, complementa que en el momento que los trabajadores aprenden a identificar desperdicios, están listos para un trabajo exitoso. El “truco” para identificar los desperdicios es el control visual.

El control Visual de las 5S's hace notorio todos los desperdicios existentes en el lugar de trabajo, ya que no es sencillo identificarlos, inclusive para los trabajadores del lugar. A continuación, se describirá cada una de las 5S's y su respectivo control visual.

##### a) Seiri (Clasificación): Identificar innecesarios

La primera S consiste en identificar lo que es necesario y lo que es innecesario en el área de trabajo. Tal clasificación debe separar las herramientas y materiales que se utilizan constantemente de las que se utilizan en raras ocasiones. La adecuada clasificación facilitará la implementación de la segunda S (ordenar)

Para el control visual se utiliza la estrategia de tarjeta roja. La cual consiste en adjuntar una tarjeta a todos los productos, herramientas y materiales que no sean necesarios en un periodo de tiempo futuro cercano. Con la tarjeta roja se podrá distinguir los productos que deben ser desechados y los productos necesarios para el trabajo. Se presenta un modelo de tarjeta roja en la Figura 17.

PLAN H		MEDIDA H	
Categoría	1. Materia prima 2. Inventario en proceso 3. Herramientas	4. Inventario en proceso 5. Producto terminado 6. Productos de oficina	
Nombre del producto			
Cantidad	Unidad de medida:	VALOR (S/.)	
Motivo	1. No necesario 2. Defectuoso 3. Desfasado	4. Exceso del producto 5. Destino inapropiado 6. Otro	
Dispuesto por	Departamento / División / Sección		
Método de disposición	1. Descarte 2. Devolución 3. Mover a almacén 4. Separar definitivamente	Firma del personal de disposición	
Fecha de identificación	Fecha de etiquetado	Fecha de disposición	
Número de tarjeta roja			

Figura 17: Ejemplo de tarjeta roja  
Fuente: Hirano (2009)

b) Seiton (Ordenar): Correcta ubicación

Consiste en ubicar las cosas necesarias en un orden adecuado que agregue valor al trabajo diario mediante la facilidad en guardar y extraer objetos. El orden quiere decir que un producto está identificado en cantidad y descripción, que tiene su lugar establecido y se detalla su ubicación. El adecuado ordenamiento facilitará la búsqueda de cualquier objeto y por ende reducirá el tiempo de búsqueda de objetos. Para el control visual se utiliza la estrategia de los “letreros”. Los letreros deben identificar el lugar donde se almacena un producto (Ver Figura 18), la descripción del producto en código o nombre (ver Figura 19) y las cantidades máximas y mínimas del producto (ver Figura 20).

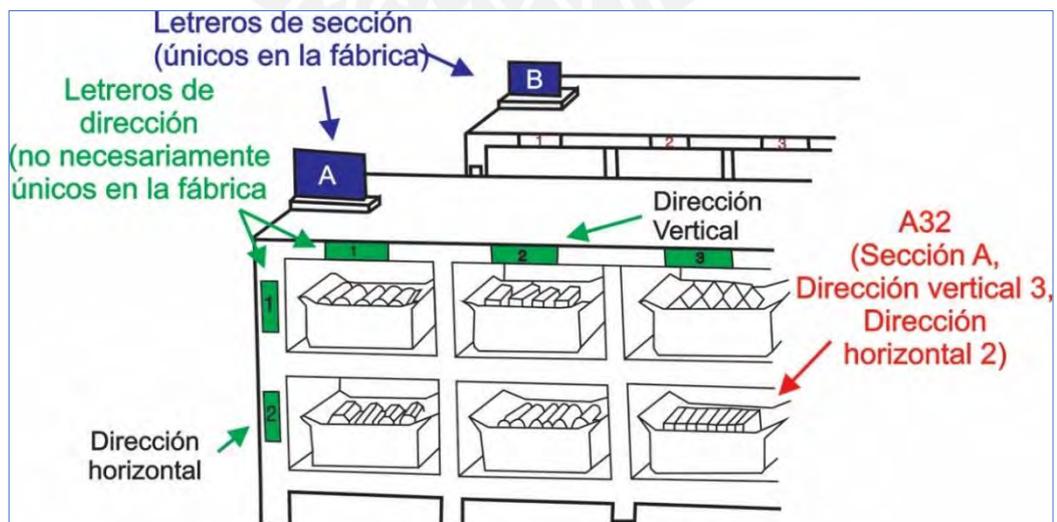


Figura 18: Identificador de lugar  
Fuente: Hirano (2009)

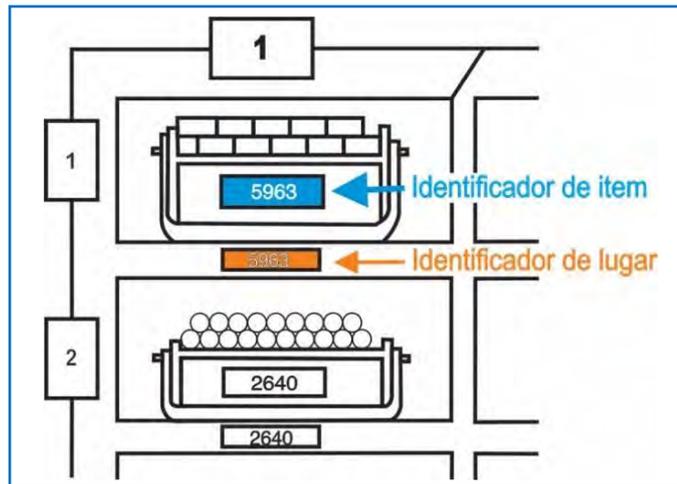


Figura 19: Identificador de ítem  
Fuente: Hirano (2009)

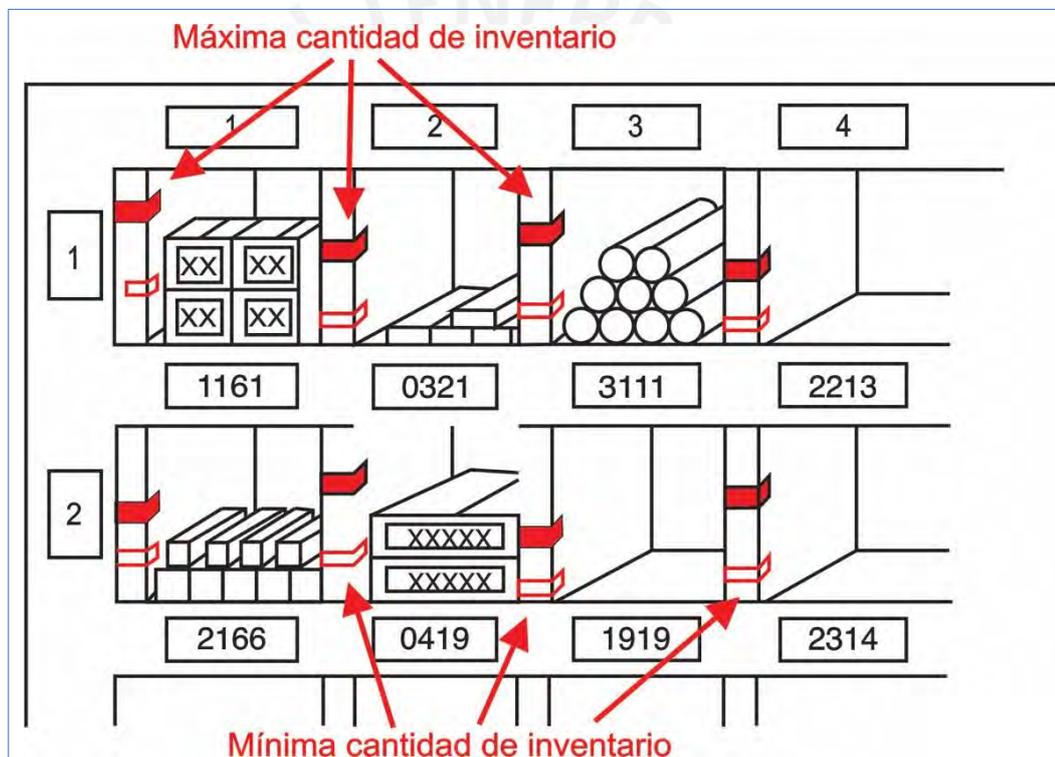


Figura 20: Identificador de cantidad  
Fuente: Hirano (2009)

Dentro del orden de las herramientas se debe tener en cuenta condiciones especiales para equipo que así lo requiera, como por ejemplo herramientas cortantes de industrias como la metalmecánica.

La Figura 21 resume la implementación de las estrategias de la tarjeta roja y los letreros. Un lugar de trabajo bien ordenado y con los objetos necesarios, los cuales se mantienen bien ordenados y de manera visible.

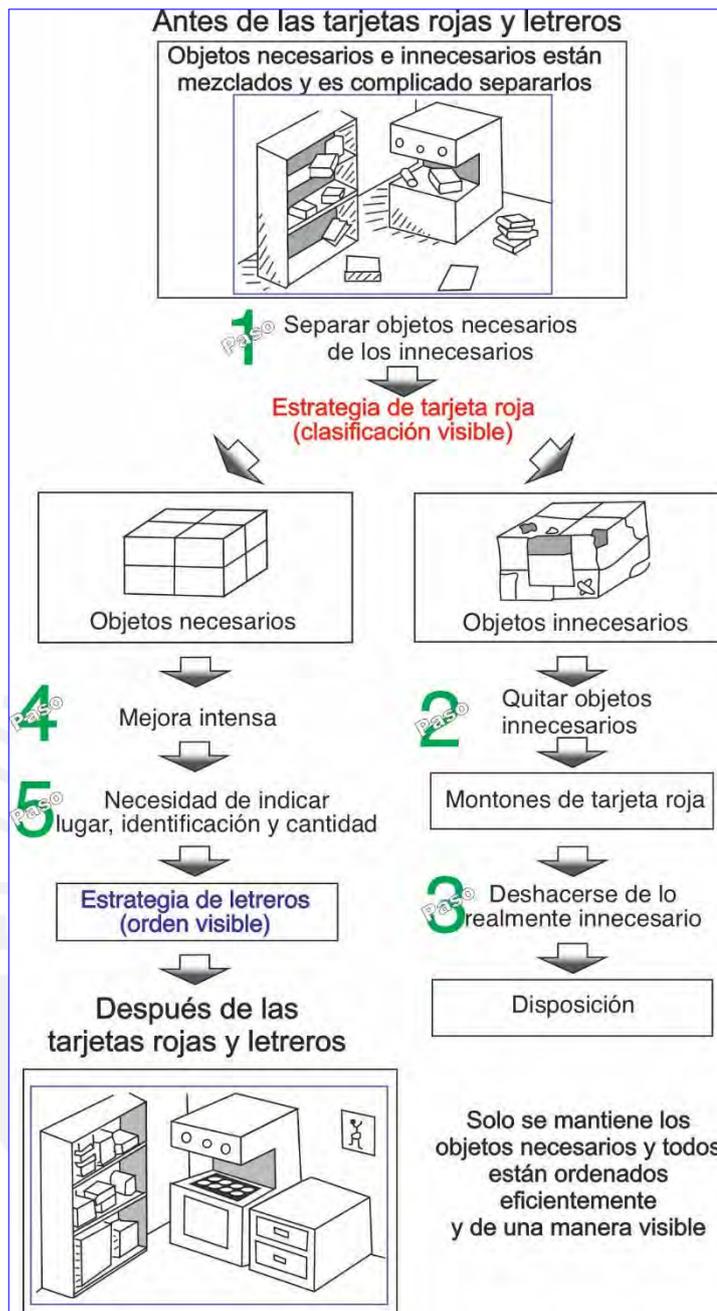


Figura 21: Procedimiento de implementación de tarjetas rojas y letreros  
Fuente: Hirano (2009)

c) Seiso (Limpieza):

Es la más sencilla de entender y se refiere a su sentido literal. Mantener limpio el lugar de trabajo desde los pisos hasta las cosas ordenadas es importante porque es en el lugar de trabajo donde se pasa mayor parte del tiempo. Limpieza también implica prevenir o evitar la suciedad, polvo y otros desechos que dañarían el taller. Un ejemplo de prevención es ubicar una caja o recipiente para que caiga el aceite de la máquina, podría ser también para ubicar la viruta del acero, el aserrín de la madera o los retazos de tela. Para el control visual se utiliza “listas de verificación de limpieza”

#### d) Seiketsu (Estandarización)

La estandarización no se puede definir como una actividad sino como un estado (Hirano, 2009). La estandarización implica mantener las primeras 3S's (clasificar, ordenar y limpiar) por largos periodo de tiempo a través de su control visual.

Según Mlkva et al (2016) la estandarización debe tener las siguientes características:

- Breve: Solo debe contener las instrucciones necesarias
- Simple y visual: El trabajador pueda encontrar y entender las instrucciones con facilidad.
- Responder fácilmente a cambios
- Ser monitoreable en su implementación.

Además, agrega que la estandarización debe regirse por los siguientes principios:

- Un lugar limpio permite identificar los problemas
- Un lugar limpio es más seguro
- Un lugar estandarizado y organizado responde rápidamente al cambio
- La comunicación sobre la manufactura es sencilla

Para el control visual se utiliza "listas de verificación con puntaje"

#### e) Shitsuke (Disciplina)

Hirano (2009) define a la disciplina como el hábito continuo de mantener correctamente los procedimientos. La importancia de mantener correctamente los procedimientos logrados radica en que es el resultado de esfuerzos anteriores, por tanto, sin disciplina el esfuerzo y tiempo invertido en clasificar, ordenar y limpiar sería en vano.

El éxito de difundir la disciplina en toda la organización no depende de alguna herramienta sino de los jefes de la organización, pues deberían ser los más interesados en el éxito de la implementación de 5S's.

Para el control visual no hay una herramienta única, puesto que la disciplina es el hábito continuo de mantener los procedimientos. Sino un conjunto de herramientas que contribuyen a difundir la disciplina.

Finalmente, las 5S se integran en un proceso de mejora continua, mejorando procesos y expandiéndose de talleres hacia locales administrativos. Se puede visualizar en la Figura 22.

#### 1.2.1.2. Beneficios de 5S's

El enfoque de las 5s proporciona como principales beneficios: Disminuir los desperdicios, disminuir demoras, disminuir los reprocesos, disminuir los productos defectuosos. Por tanto, mejorar la eficiencia de la planta.



Figura 22: Significado de las 5S's

Fuente: Hirano (2009)

- **Cero desperdicio conlleva a costos bajos y alta capacidad:** Los desperdicios asociados con los costos son las actividades que no agregan valor como los transportes, carga y descarga de material, conteo de materiales y las inspecciones repetitivas. Eliminar tales desperdicios genera un ahorro de costos directo y de rápido reconocimiento.
- **Cero demoras conlleva a entregas confiables:** La teoría demuestra que cuando no se tiene demoras los productos se entregan a tiempo. Ello es posible debido a que sin demoras, la planificación y cronograma de entrega de productos se puede ejecutar sin contratiempos esperados.
- **Cero recambios:** Los desperdicios que pasan por desapercibidos son los “tiempos de búsqueda de materiales” como las plantillas, moldes y materiales. Esta forma de desperdicio es eliminada con el adecuado orden y ubicación de materiales.

#### 1.2.1.3. Claves para tener éxito en la implementación de las 5S's

Lo primordial en la implementación de las 5S's es la formación de un “equipo de trabajo 5S's” que sea el encargado de la implementación y mejoramiento de la planta

de trabajo. También es importante tener en cuenta algunas recomendaciones del autor Hirano:

- **Todos deben estar involucrados**, La responsabilidad no concierne a unas pocas personas sino a todos los niveles de la organización.
- **Conseguir autorización de la compañía**, Las 5S's no deben ser implementadas en secreto sino se debe conseguir la aprobación de la administración para todas las actividades que se requiera.
- **Comunicar bien las ideas del trabajo**, No permitir que las personas tengan dudas sobre la aplicación de herramientas o los conceptos de 5S's. Por ejemplo, ¿Por qué se está poniendo tarjetas rojas a las cosas? o ¿Por qué no hacemos otro tipo de mejoras en lugar de las 5S's?
- **No hacer el trabajo a medias**, No involucrar a una parte de la organización sino a todos. Si ya se ha iniciado con clasificación y orden, continuar hasta mantenerlo como hábito.
- **Ver a las 5S's como el camino hacia otras mejoras**, No detenerse solo en las 5S's, posteriormente desarrollar otras herramientas de mejora.

#### 1.2.2. Mapa de flujo de Valor - VSM

Mapeo de flujo de valor (Value Stream Mapping) es una herramienta gráfica de Manufactura Esbelta que muestra los procedimientos actuales en un gráfico con la intención de mejorar la situación actual o proponer procedimientos mejorados. Rother y Shook (1999) la definen como una herramienta que ayuda a ver y comprender el flujo de material y el flujo de información. También complementan su definición dando motivos para emplear el VSM.

- Ayuda a ver los desperdicios en la cadena de valor
- Vincula conceptos y técnicas lean.
- Los mapas de cadena de valor son el equivalente a un plano para construir una casa.
- Muestra el enlace entre flujo de información y materiales.

El poder de esta herramienta no está en visualizar el proceso en un gráfico sino en proponer cambios y crear un nuevo gráfico que conllevará a mejores resultados. El nuevo gráfico debe ser propuesto considerando los principios de Manufactura Esbelta.

Locher (2008) sugiere 6 pasos para realizar el mapeo de la situación actual:

- Identificar las necesidades actuales del consumidor
- Identificar el proceso principal

- Seleccionar los indicadores del proceso
- Evaluar paso a paso la cadena de valor y completar la base de datos
- Establecer como trabaja la prioridad de cada proceso
- Calcular las medidas de la cadena de valor como el tiempo de espera, tiempo de proceso, costo y otros indicadores.

A continuación, se presentará un ejemplo de Mapeo de Flujo de Valor basado en el caso ACME de los autores Rother y Shook.

La empresa Troqueladora Acme elabora componentes para plantas ensambladoras de vehículos. Este caso se refiere a una familia de productos, un soporte ensamblado para tablero de instrumentos, fabricado en acero, en dos versiones para el mismo modelo de vehículo. Una vez terminadas se despachan al cliente.

Exigencias del cliente.

- El cliente necesita 18400 piezas por mes (12000 de la versión "I" y 6400 de la versión "D")
- La planta del cliente funciona según un horario de dos turnos.
- El cliente exige la entrega en tarimas retornables, colocados en paletas con 20 pieza por tarima y hasta 10 tarimas por paleta.
- Las entregas se hacen una vez al día, por camión, a la ensambladora.

Tiempo de trabajo disponible:

- 20 días por mes
- Dos turnos en todos los departamentos de producción.
- Ocho (8) horas en cada turno
- Dos pausas de diez minutos durante cada turno.

Funciones del Departamento de Control de la Producción de Acme

- Recibe las previsiones para 90/60/30 días de la ensambladora de vehículos y las introduce en el sistema MRP.
- Envía a la Siderúrgica Michigan su cálculo de las necesidades de material de Acme para 7 semanas, por intermedio del sistema MRP.
- Confirma los pedidos de acero en rollos mediante un fax semanal a la Siderúrgica Michigan.
- Recibe a diario una orden firme de la ensambladora

Información sobre los procesos.

#### 1. Troquelado

- Tiempo de ciclo: 1 segundo (60 piezas por minuto)

- Tiempo de cambio entre productos: 1 hora (ajuste completo)
- Fiabilidad de la máquina: 85%
- Inventarios observados:
  - 5 días de rollos de aceros delante de la prensa
  - 4600 piezas troqueladas de lado izquierdo
  - 2400 piezas troquelados de lado derecho

## 2. Soldadura

- Tiempo de ciclo: 39 segundos
- Tiempo de cambio entre productos: 10 minutos (cambio de accesorios)
- Fiabilidad: 100%
- Inventarios observados:
  - 1100 piezas de lado izquierdo
  - 850 piezas de lado derecho

## 3. Montaje

- Tiempo de ciclo: 40 segundos
- Tiempo de cambio entre productos: ninguno
- Fiabilidad: 100%
- Inventarios de productos terminados observados:
  - 2700 piezas de lado izquierdo
  - 1440 piezas de lado derecho

## 4. Departamento de expedición

- Este departamento retira las piezas del almacén de productos terminados y los prepara para enviarlos por camión al cliente.

En la Figura 23 se muestra el desarrollo del Mapeo de flujo de Valor.

### 1.2.3. Estandarización

Es la unificación de tareas interconectadas y evaluaciones de rendimiento que permiten reducir la variabilidad, visualizar problemas y tener un entorno seguro de trabajo (Mikva et al, 2016).

La estandarización puede realizarse sobre productos o procesos. Estandarizar productos comprende convertir características sensoriales en características mensurables que permitan su comparación con patrones o modelos. Estandarizar procesos comprende establecer procedimientos para realizar tareas que al repetir

varias veces se siga el mismo camino y pueda ser comparado la ejecución y duración de cada tarea.

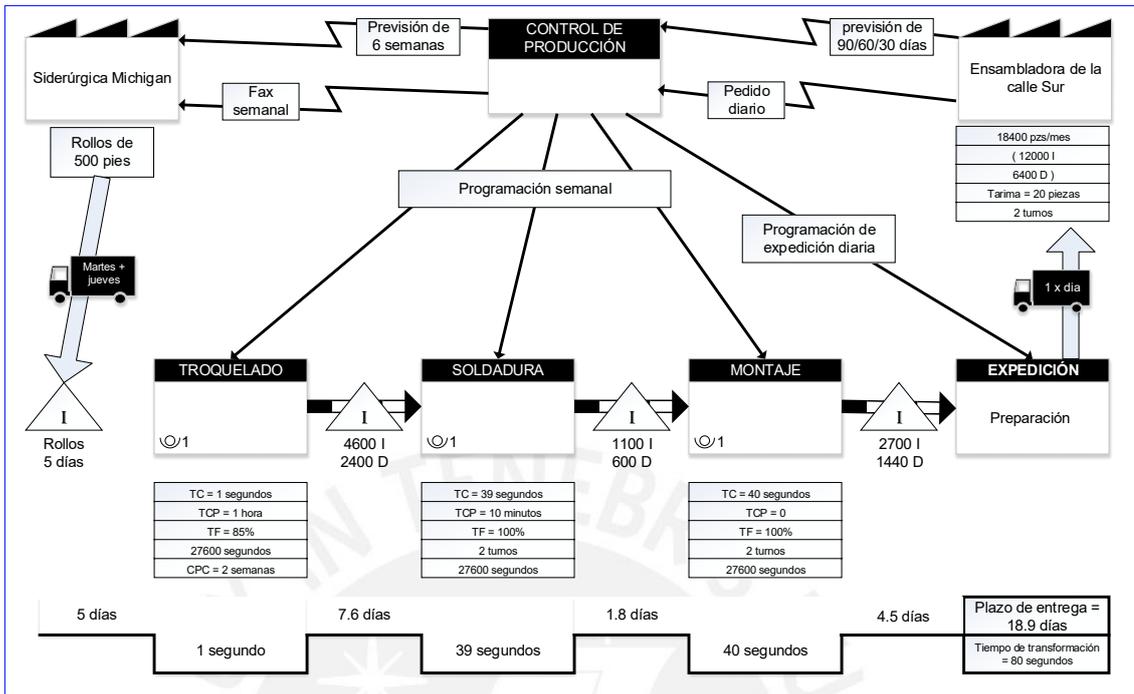


Figura 23: Mapeo de Flujo de valor – caso ACME  
Fuente. Rother y Shook (1999)

La estandarización del producto se debe considerar tres aspectos básicos:

- Consideraciones económicas representadas por los costos de materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación
- Consideraciones humanas que representa la complejidad de realizar las actividades y operaciones en el proceso
- Consideraciones tecnológicas que se refiere a la utilización de maquinaria en el proceso productivo.

### Técnica del interrogatorio sistemático

La técnica forma parte del TPS y consiste en realizar una serie de preguntas sobre las actividades actuales con el objetivo de simplificar o facilitar las actividades. Según García (2005) se debe realizar las siguientes preguntas:

- PROPÓSITO: ¿Qué se hace? ¿Por qué hay que hacerlo? ¿Qué otra cosa podría hacerse?, ¿Qué debería hacerse?
- LUGAR: ¿Dónde se hace? ¿Por qué se hace allí?, ¿en que otro lugar podría hacerse? ¿dónde debería hacerse?
- SUCESIÓN: ¿Cuándo se hace?, ¿Por qué se hace entonces?, ¿cuándo podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?

- PERSONA: ¿Quién lo hace? ¿Por qué lo hace esa persona?, ¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo?
- MEDIOS: ¿Cómo se hace? ¿por qué se hace? ¿de ese modo? ¿de qué otro modo podría hacerse?

#### 1.2.4. Kaizen

Imai (1989) define kaizen como una filosofía sistemática que apunta a la mejora continua a través del cambio día a día y de aplicación integral. A diferencia de otras herramientas de Manufactura Esbelta no requiere de gran inversión inicial, sino que son mejoras pequeñas de aplicación constante.

#### **Significado y origen de la palabra Kaizen**

Kaizen proviene de las palabras japonesas *kai* que significa cambio y *zen* que significa mejorar. Esta filosofía fue desarrollada por los japoneses después de la segunda guerra mundial. Kaizen es entendido por el mundo occidental con innovación, pero innovación se refiere a un cambio drástico, mientras que en oriente (Japón) el cambio es de día a día.

Kaizen es ideal para manejar el “cambio”. En la mayoría de empresas, cambio es una reestructuración notoria de procesos, maquinaria, sistemas, etc. Muchas veces el cambio abrupto se entiende como innovar, que también es positivo; sin embargo, Kaizen es un cambio de día a día, que no necesariamente implicar comprar maquinaria con la última tecnología sino por el contrario busca mejorar el sistema de producción y administración con ideas pequeñas provenientes de los propios trabajadores.

#### **Kaizen como estrategia de la empresa**

Adoptar Kaizen como estrategia de la empresa es trabajar en largo plazo en calidad y mejora continua, ya que la esencia de Kaizen es no dejar pasar un día sin que se haya mejorado en algo. Bajo la filosofía Kaizen, el rol de la administración es mantener el estándar de trabajo actual con sus propias herramientas y mejorar las condiciones actuales a través del mejoramiento de flujo de valor. El objetivo de Kaizen a nivel operativo es eliminar los desperdicios en los procesos productivos y estandarizar las mejoras que se desarrollen en el camino. En la Figura 24 se visualiza la estrategia de Kaizen.

Kaizen le da mucho énfasis al proceso y valora mucho el esfuerzo realizado por las personas para mejorar la situación actual independientemente de que tan bueno fue el resultado. Kaizen está orientado a las personas y por ese motivo es un trabajo de

largo plazo porque con buenos procesos se genera competitividad y calidad; por tanto, en largo plazo los beneficios serán consecuencia de este trabajo.

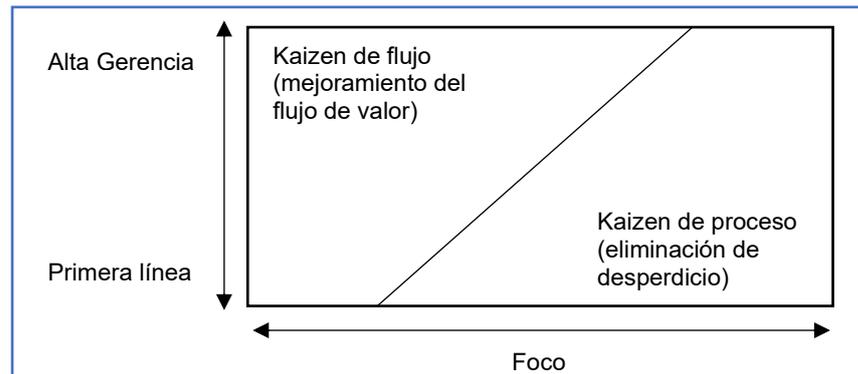


Figura 24: Tipos de Kaizen  
Fuente. Rother y Shock (1999)

### **La práctica de Kaizen orientado a la administración**

Según Imai (1989) El Kaizen orientado a la administración debe implementarse por etapas, la primera centrarse en los movimientos de las personas y eliminar aquellos que sean innecesarios. Como segunda etapa debe enfocarse en las herramientas, máquinas y distribución de planta, es decir en las instalaciones. Hasta la segunda etapa se estaría atacando los 7 primeros desperdicios descritos en el acápite 1.1.3 En la tercera etapa, la administración debe centrarse en la planificación, control de producción y sistemas de información.

### **La práctica de Kaizen orientado a las personas**

Imai (1989) resalta la importancia de implementar el Kaizen a todas las personas de la empresa con la finalidad que cada operario aporte mejoras desde su puesto de trabajo. El despliegue de las políticas de Kaizen debe partir desde la administración o gerencia hacia mandos medios y hacia líneas operativas.

### **Etapas en la implementación de un sistema Kaizen**

García, Oropesa y Maldonado (2017) sugieren algunas variables a considerar para una correcta implementación de Kaizen.

1. Durante el Planeamiento
  - a. Compromiso de la administración
  - b. Organización de trabajo en equipo
  - c. Entrenamiento de los recursos humanos
2. Durante la Ejecución
  - a. Implementación exitosa de propósitos
  - b. Integración de los recursos humanos

- c. Enfoque en el cliente
3. Durante el Control
  - a. Mantener buena comunicación
  - b. Documentar y evaluar

### **El sistema de sugerencias**

El sistema de sugerencias, descrito por Imai (1989), promueve la participación de todo tipo de trabajadores y de todos los niveles de la organización para aportar ideas de mejora en la empresa. Se han desarrollado especialmente en los sistemas de control de calidad, aunque Kaizen promueve la participación de cualquier área de la empresa. Por ejemplo, en Japón incentivan a las personas con premios honoríficos independientemente del resultado económico o resultado de victoria, sino se premia el esfuerzo. El reconocimiento por parte de la administración, los dueños o la alta gerencia motiva al trabajador a seguir aportando con ideas y al mismo tiempo lo compromete a poner todo su esfuerzo en que su idea tenga éxito.

### **Factores para una implementación de una empresa**

Ghazali y Mahmud (2016) sugieren 4 factores claves para implementar Kaizen en pequeñas y medianas empresas:

- Comunicación entre la administración y los empleados
- Estrategia clara
- Contar con una persona experimentada en implementar Kaizen
- Capacitar y empoderar a los empleados

### **Beneficios del Kaizen**

El impacto de Kaizen en los beneficios según Howell (2011) son:

Reducción de inventario: 30-70%

Reducción del tiempo de procesamiento: 40-80%

Mejora de la productividad: 20-60%

Reducción de la distancia de movimientos: 40-90%

## Capítulo II: ESTUDIO DE CASOS

En el segundo capítulo se presentará 3 casos de estudio que han implementado herramientas de manufactura esbelta con éxito y con resultados positivos.

2.1. Caso de estudio 1: Reducción del tiempo de producción aplicando VSM (mapeo de flujo de valor): Un caso de estudio.

**Autores:** Yonatan Tesfaye & Deepak Panghal (2017)

El primer caso aplica el mapeo de flujo de valor como herramienta de análisis para identificar desperdicios y proponer la eliminación de los mismos. Lo particular del caso es que clasifica las actividades de cada proceso en actividades que agregan valor (VA), las que no agregan valor y son evitables (NVA) y las que no agregan valor, pero son inevitables (NNVA). Esta clasificación permitirá identificar fácilmente los desperdicios, la causa raíz de los desperdicios, las oportunidades de mejora y aplicar la herramienta más adecuada. El caso se aplica en la familia de productos de vestidos de mujer en una planta de confección.

En la Figura 25 se presenta el mapeo de flujo de valor de la situación inicial

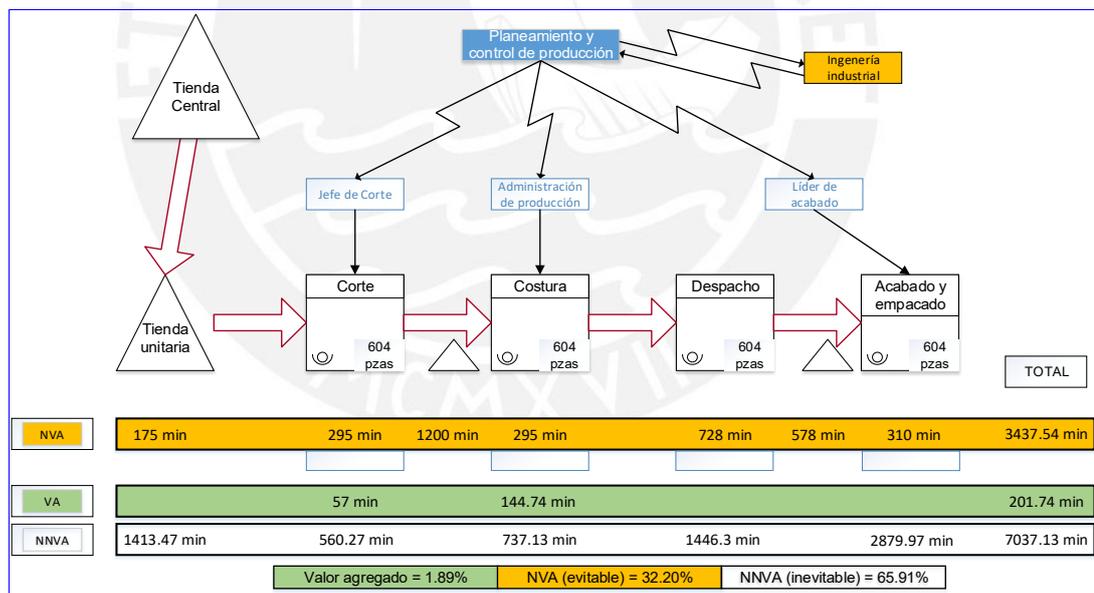


Figura 25: Mapeo de flujo de valor de la situación inicial del caso de estudio Fuente. Tesfaye y Panghal (2017)

En la Tabla 1 se describe las actividades identificadas como desperdicios. Es preciso indicar que se detalla el área donde ocurre el desperdicio, el tipo de desperdicio según los 7 desperdicios de manufactura esbelta y la descripción de la actividad con su impacto en tiempo en la cadena de valor. Posteriormente el autor realiza el análisis de Pareto en función al tiempo que ocasiona cada desperdicio. Siendo el más

relevante el inventario con 2816 minutos (78.26%), luego espera con 584.48 min, transporte 113.63 min, movimientos 61.98min y defectos con 22.34 min.

Tabla 1. Actividades que no agregan valor y desperdicio asociado

ÁREA	DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN
Fábrica de tela	Espera	170 min - Espera para conseguir la aprobación de lotes antes de la emisión de tela a la sección de corte
	Transporte	40 min - Prensado de muestra la prueba de encogimiento y conseguir la aprobación de lotes
Corte	Espera	160 min - Para firmar el reporte de encogimiento del departamento R&D
	Espera	15 min - Espera para las operaciones de corte
	Espera	120 min - Espera en el proceso de agrupamiento para la llegada de etiquetas de agrupación
	Inventario	1200 min - Cortar piezas almacenadas en corte
	Transporte	39 min - Transportar rollos a la sección de corte y llevar piezas de corte atadas al área de etiquetado
Confección	Movimiento	61.19 min - Movimiento descontrolado de los operarios a la sección lavado
	Transporte	18.63 min - Para tomar piezas cortadas a costura y transportar herramientas y material en el piso de costura
	Espera	119.48 min - material mantenido en espera debido al reprocesamiento, esperando para ser trabajado y la negligencia de los operarios
	Defecto/Reproceso	22.34 min - Corrección de piezas defectuosas.
Área de despacho	Transporte	12 min - Las salidas de costura son transportadas al lavado
	Inventario	1306 min - Antes de enviar
Acabado y empacado	Transporte	4 min - Mover las piezas al punto final de auditoría
	Inventario	310 min - En el punto de revisión y después que las piezas están en bolsas empaquetadas

Fuente. Tesfaye y Panghal (2017)

Con los desperdicios identificados se realizó los 5 por qué para encontrar la causa raíz de los principales desperdicios. En la Tabla 2 se describe lo asociado al principal desperdicio "inventario".

Luego el autor propone disminuir los principales desperdicios mediante un mapeo de valor futuro, ver Figura 26. Con la propuesta el lead time se reduciría en 4.38 días (22.24 días 17.86 días). Las actividades que no agregan valor y son evitables (NVA) se reducirían de 3437 min a 1309 min.

Tabla 2. Causa raíz de inventarios

DESPERDICIO	Causa raíz (resultado de los 5 por qué)
Inventario	Política de la compañía, Bultos son mantenido en la sección de corte al menos 2 días en avance antes de expandirse a costura (sección de corte)
	Falta de comunicación temporal entre el área de despacho y la sección de producción (despacho)
	No hay un adecuado y sistemática comunicación entre despacho y la sección acabado y empaquetado (área de despacho)
	Resistencia de los trabajadores y falta de adecuada comunicación entre el personal de agrupamiento y la sección ERP

Fuente. Tesfaye y Panghal (2017)

Finalmente, el autor evalúa la facilidad y viabilidad de cada acción a implementar para pasar a la ejecución. Entre los resultados obtenidos se tuvo, por ejemplo, en inventarios, la reducción de desperdicio en tiempo sería de 2816 minutos a 2208 minutos (lo esperado era 1190 minutos), mientras que el lead tiene se redujo de 22.24 días a 20.7 días (lo esperado era 17.86 días)

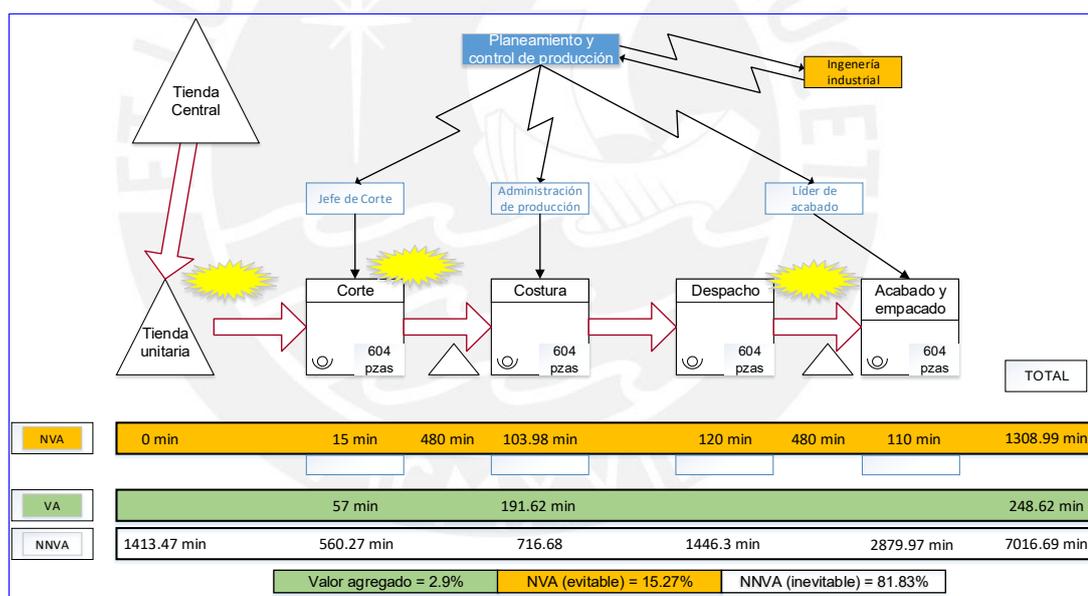


Figura 26: Mapeo de flujo de valor futuro del caso de estudio Fuente. Tesfaye y Panghal (2017)

## 2.2. Caso de estudio 2: Implementación de herramientas Lean en los procesos de manufactura de accesorios textiles.

**Autores:** P. Neves F.J.G. Silva, L.P. Ferreira, T. Pereira, A. Gouveia & C. Pimentel (2018)

En el presente caso, una empresa aplica herramientas de manufactura esbelta combinadas con el ciclo de mejora continua PDCA para adaptarse a los continuos

cambios del mercado en la industria textil, específicamente la producción de cierres y otros accesorios para la confección de ropa en el norte de Portugal.

El 52% de las incidencias de los casos analizados en la empresa son debido a los reclamos por parte de los clientes. Además, el análisis completo se puede apreciar en la Figura 27, se inicia analizando el origen de los reclamos y separando reclamos de clientes y proveedores, el resultado de este análisis es saber que el 34% de los reclamos de clientes son atribuibles a fallos de la empresa. Considerando la relevancia de estos fallos, se hizo un análisis de origen de fallos y posteriormente la identificación del proceso o departamento al que son atribuibles dando como resultado final que el 27% de los fallos son originados en el proceso de tejido. Ante ello se elabora el diagrama causa – efecto del proceso Tejido, que se ilustra en la Figura 28. Seguido de ello un análisis de Pareto de las causas.

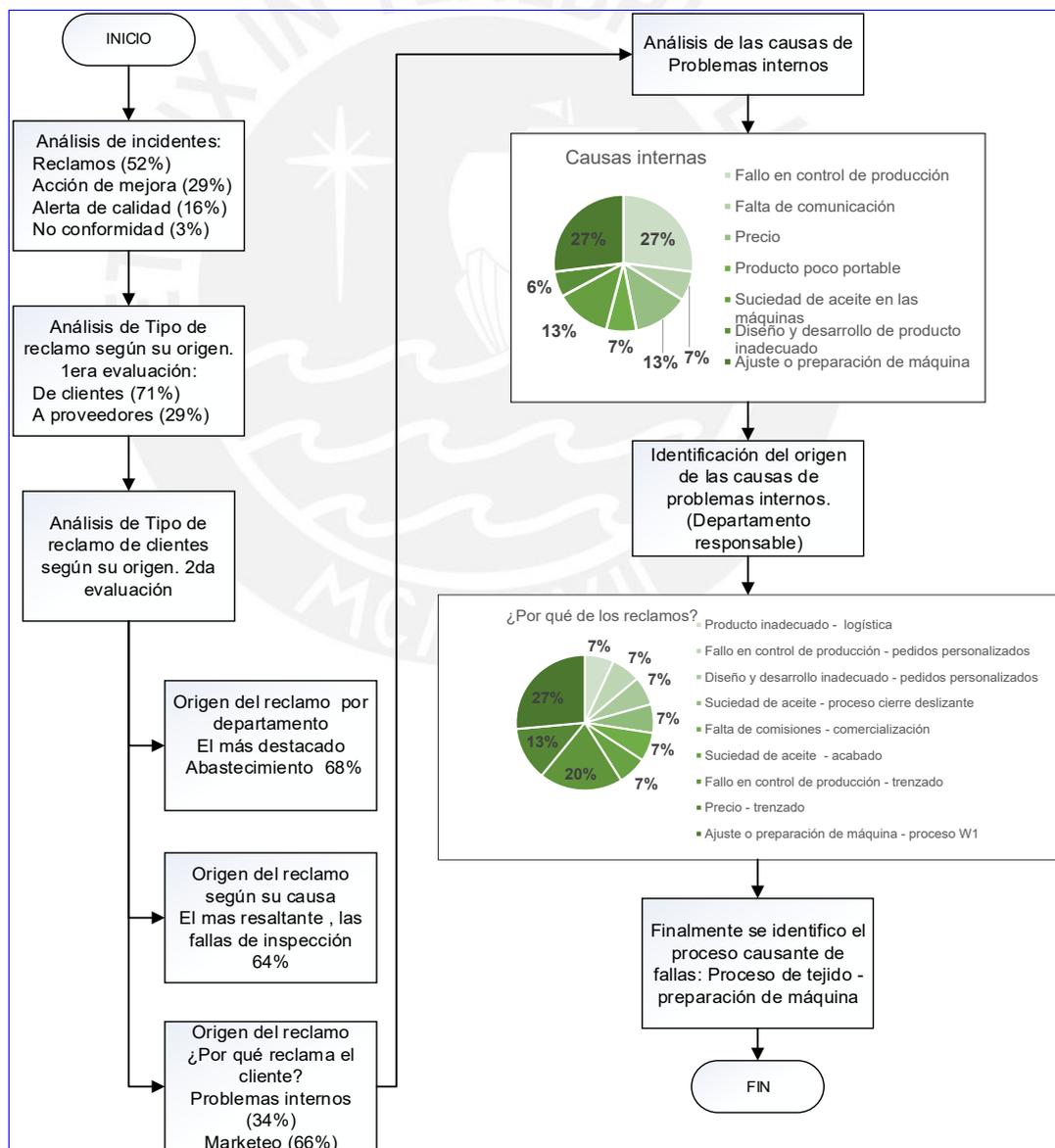


Figura 27: Diagrama explicativo del caso

Finalmente, el análisis de Pareto dio como resultado las causas a solucionar con herramientas Lean. Dado que no había una causa más resaltante que otra, los autores optaron por atacar la causa que sea más rápida de solucionar, optando por aplicar 5S en el área de tejido, especialmente el abastecimiento de materiales.

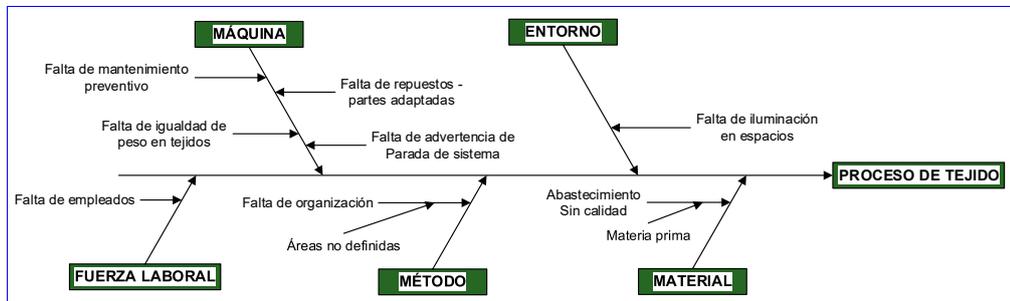


Figura 28 Diagrama causa – efecto del caso de estudio  
Fuente: Neves et al

En el proceso de solución aplicaron las 5W2H para proponer un mejor orden de los rollos de alambre. El resultado de la aplicación fue ahorro de 10% de horas laborales semanales, ya que por el desorden los trabajadores demoraban en carga y descarga.

### 2.3. Caso de estudio 3: Estandarización y optimización de una línea de producción de componentes de automóviles

**Autores:** Antoniulli, P. Guariente, T. Pereira, L. Pinto Ferreira y F.J.G. Silva (2017)

El presente caso aplica la estandarización de procesos para reducir la diferencia de tiempos de operación entre diversos turnos de trabajo de una línea de ensamblaje.

El diagrama de proceso de línea de producción se visualiza en la Figura 29.

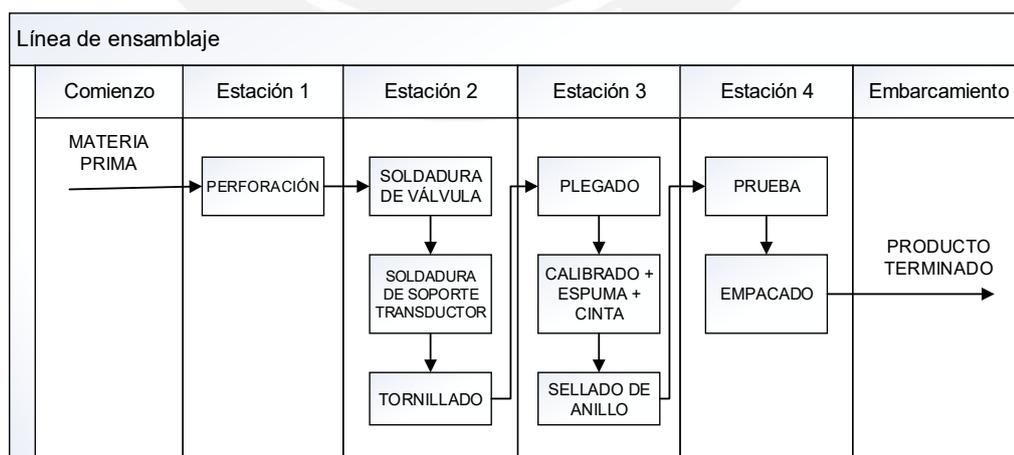


Figura 29: Diagrama de línea de ensamblaje  
Fuente. Antoniulli et al (2017)

Para la evaluación de la implementación de estandarización se tomaron tiempos por cada operación antes y después de la implementación, los cuales se aprecian en la

Tabla 3. Los tiempos antes de la implementación son los tiempos más largos en algún turno de trabajo, mientras que después de la implementación es uno solo para todos los turnos (resultado de la estandarización). Mediante la descripción de los métodos de trabajo estandarizados para cada operación, el tiempo de procesamiento se redujo de 199.1 a 153.8 segundos y el takt time de 64.5 a 60 segundos.

Adicionalmente como resultado de la aplicación de esta herramienta redujo el número de trabajadores requeridos de 4 a 3 e incrementó la utilización de maquinaria de 70% a 86%.

Tabla 3. Tiempos del caso de estudio 3

Operación	1er análisis		2do análisis	
	Estación	Tiempos de operación más largo entre los 4 turnos	Estación	Tiempos de operación estandarizados
Perforación	1	29.3	1	25.7
Soldadura de válvula	1	13.6	1	10.2
Soldadura de soporte transductor	2	13.9	1	10.8
Tornillado	2	22.4	2	16.9
Plegado	3	17.8	2	10.7
Calibrado + espuma	3	33.7	2	27.8
Sellado de anillo	3	4.2	3	2.7
Prueba	4	19.6	3	16.8
Empacado	4	18.9	3	17.2
Desplazamiento y abastecimiento	1	4.8+1.7	1	3.1+1.5
Desplazamiento y abastecimiento	2	4.8+1.7	2	3.1+1.5
Desplazamiento y abastecimiento	3	7.1+1.7	3	4.3+1.5
Desplazamiento y abastecimiento	4	2.2+1.7		0
<b>TOTAL</b>		<b>199.1</b>		<b>153.8</b>
<b>Tiempo de ciclo (takt time)</b>		<b>64.5</b>		<b>60</b>

Fuente: Antioneli et al (2017)

## Capítulo III: DIAGNÓSTICO DEL SECTOR Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el tercer capítulo se describirá el diagnóstico del sector textil, la situación en el Perú, el mercado y la empresa para, posteriormente, identificar los problemas actuales, oportunidades de mejora y plantear alternativas de solución.

### 3.1. Diagnóstico del sector textil y confecciones.

La industria textil en el mundo comprende la producción y comercialización de “materiales y productos textiles” y “confección de prendas de vestir”. Esta separación la hace la Organización Mundial del Comercio y presenta como principales estadísticas a las exportaciones globales en cada sector: La comercialización de productos textiles y confección de prendas de vestir en el 2017 ascendieron a 375,324 y 612,232 millones de dólares respectivamente que representan el 2.12% y 3.45% del comercio total (17'729,000 millones de dólares). Por tanto, ambas industrias representan el 5.57% del comercio global de mercancías.

En el sector de confección y prendas de vestir ha predominado históricamente la participación de Asia y Europa tal como se visualiza en la Figura 30.

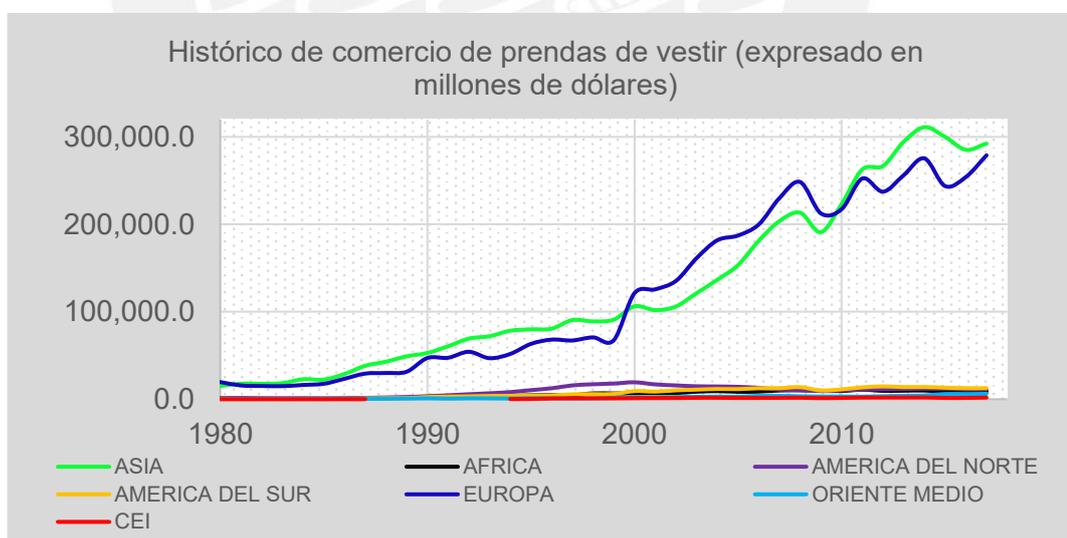


Figura 30: Histórico del comercio de prendas de vestir  
Fuente. Organización Mundial del Comercio (2018)

En el 2017, la participación de Asia, Europa y América del sur y central fueron de 4,786,720.5 (47.7%), 4,615,414.2 (45.6%) y 268,036.0 (2.1%) expresado en millones de dólares respectivamente. Del primer análisis se puede concluir que América del Sur y Central tienen poca participación en el comercio mundial de prendas de vestir.

en comparación con los países asiáticos que producen en volumen y los mercados europeos que producen en marca y calidad.

El segundo análisis es a nivel de países de la región. La exportación de prendas en América del Sur y central en el 2017 se puede visualizar en la Figura 31.

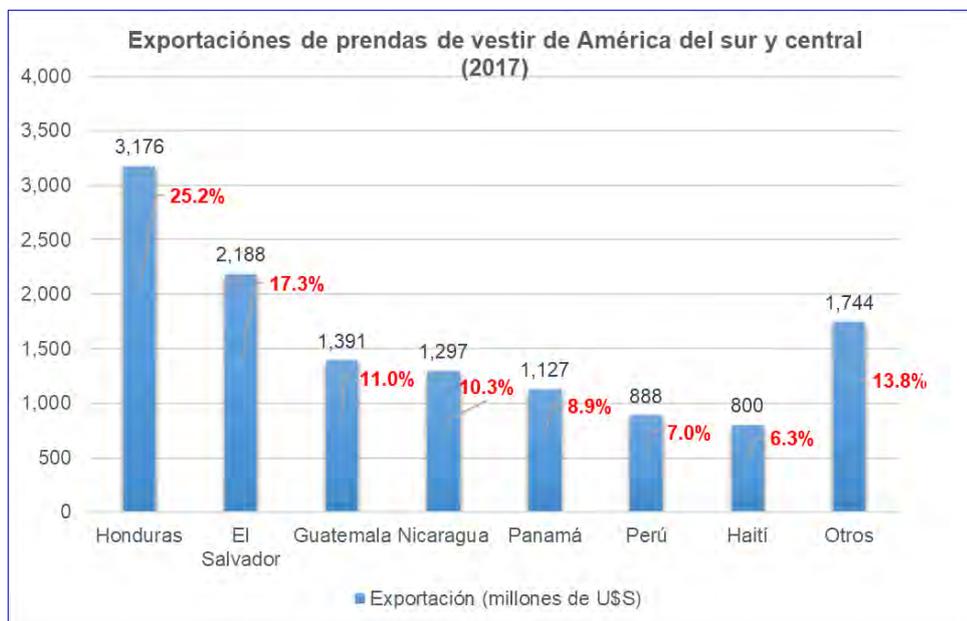


Figura 31: Exportaciones de prendas de vestir 2017 de América del Sur y Central  
Fuente: Organización Mundial del Comercio (2018)

A nivel de la región, Perú es superado en exportaciones por países de América central y al mismo tiempo es el país más resaltante de América del Sur, seguido solamente por Colombia que registró exportaciones por 426.6 millones de dólares y Chile con 311.2 millones de dólares el 2017. Por tanto, se concluye que Perú tiene oportunidad regional de ser el líder en la industria de confecciones a nivel de América del Sur y tiene como competidores regionales a países de América Central.

### 3.2. Diagnóstico a nivel nacional

Según el Mincetur (2019), la minería y la agroindustria tuvieron 57% y 13% de aporte a las exportaciones durante el 2017, haciendo un total de 70%. Mientras que el INEI informa que los PBI de las industrias textil y confección de prendas de vestir fueron 3,137 (0.46%) y 4,405(0.64%) millones de soles respectivamente en el 2017.

Aparentemente la industria textil tiene poco aporte a las economías; sin embargo, los productos que exportan tales sectores son materias primas, en el caso de la minería se exporta oro, cobre y plata, mientras que en la agroindustria se exporta café, uva y palta. En cambio, los sectores de pesca, hidrocarburos, químico y textil y

confecciones exportan productos transformados o con valor agregado. En la Figura 32 se puede apreciar el valor agregado bruto de las industrias manufactureras.

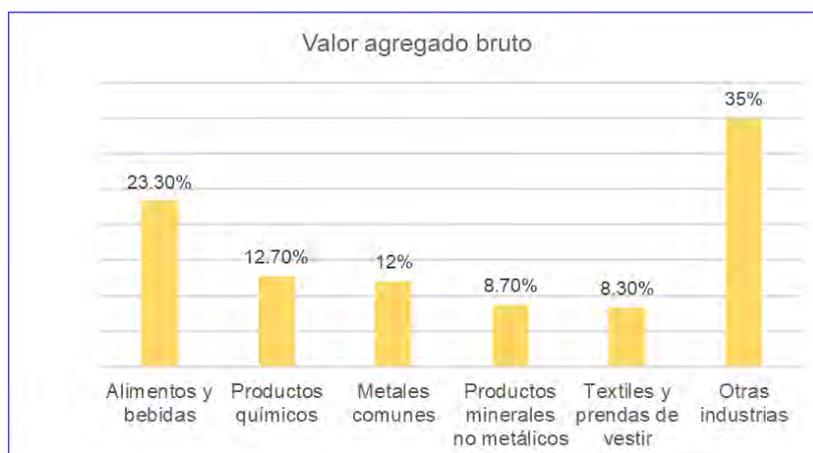


Figura 32: Valor agregado bruto  
Fuente. Ministerio de la Producción (2017)

Respecto a los puestos de trabajo que genera cada sector de manufactura, la industria textil y confecciones es la que más puestos genera (ver Tabla 4).

Tabla 4. Puestos de trabajo directos por industria

Valor agregado bruto nacional	Puestos ( miles)
Textiles y prendas de vestir	422
Alimentos y bebidas	399
Productos minerales no metálicos	58
Productos químicos	55
Metales comunes	11

Fuente: Ministerio de la Producción (2018)

El sector textil y confecciones tiene importancia a nivel nacional por ser una industria que ofrece productos con valor agregado y por los puestos de trabajo directos que genera. Por ejemplo, se exportan prendas terminadas como polos, camisas y se importa materia prima como hilos y fibras. La Tabla 5 detalla los productos exportados y las empresas asociadas con cada producto durante el 2016 y 2017.

Tabla 5. Exportaciones 2016 -2017 del sector Textil y Confecciones

Textil y confecciones ( exportaciones en millones de dólares)			1196	1271
Tipo	Productos	Principales empresas	2016	2017
PT	Polos de algodón	Textimax, Garment, Nettelco, Southern textiles, Deva	286	308
MP	Tops de pelo fino de alpaca	Michell, Inca Tops	36	76
PT	Camisas de punto	Devanlay, Southern, Camones, Textimax, Texgroup	57	63
PT	Otras camisas	Devanlay, Industria Textil del Pacífico	22	20
MP	Hilados de pelo fino	Michell, Inca Tops	20	14

Leyenda: PT producto terminado, MP materia prima

Fuente. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2018)

En contraste la Tabla 6 detalla los productos importados y las empresas asociadas a cada producto durante el 2016 y 2017.

Tabla 6. Importaciones 2016 – 2017 del sector textil y confecciones

Textil y confecciones ( exportaciones en millones de dólares)			953	1047
Tipo	Productos	Principales empresas	2016	2017
MP	Hilados de poliéster	Texcope, Flamenco Industriales	48	55
MP	Tejidos de punto	Flotex, Huancatex, Olinda	65	55
MP	Fibras de algodón	Industrial Nuevo Mundo, Tejidos San Jacinto	26	43
MP	Hilados de algodón peinados	Textil Camones, Faride Algodón	37	39
MP	Fibra de algodón	Textil Credisa, Sur color, Fila Sur	34	38
PT	Camisas de algodón	Ripley, Saga, tiendas, Peruanas	31	32

Legenda: PT producto terminado, MP materia prima

Fuente. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2018)

Finalmente, la Tabla 7 presenta la cantidad de empresas por tamaño registradas.

Tabla 7. Empresas por tamaño dedicadas a la confección

Tipo de empresa	Cantidad
Gran empresa	126
Mediana	36
Pequeña	905
Microempresa	23313

Fuente: Ministerio de la producción (2018)

Como conclusión del análisis a nivel nacional se tiene que la importancia de este sector en la economía nacional radica en el valor agregado que produce y los puestos de trabajo directos que genera y especialmente la cantidad de empresas registradas.

### 3.3. Diagnóstico a nivel local

Para el análisis local se revisó dos estudios de investigación previos, que a lo largo del desarrollo de su tema, abarcaron los aspectos más relevantes del mercado regional de Puno, específicamente de la provincia de San Román.

Cuevas (2017) realizó una investigación para conocer el posicionamiento de la marca de las mypes del sector confecciones en la provincia de San Román (Juliaca) región Puno. El trabajo da como conclusión que el posicionamiento es muy bajo y atribuye como principal causa a la falta de aplicación de herramientas de marketing y otras herramientas de administración modernas.

La investigación resalta las condiciones favorables que ofrece la ciudad de Juliaca como principal centro de comercio de la región y ubicación estratégica al estar en medio de ciudades como Arequipa, Cusco y Puerto Maldonado. Tal oportunidad solo puede ser aprovechada por la identificación de la entrega de valor al cliente mediante la segmentación de mercado.

Así también, Cuevas (2017) describe el perfil del emprendedor de la pyme local como una persona empírica, con quinto de secundaria y que vende sus productos, principalmente, en los dos principales centros de comercio (mercado San José y Jr. Moquegua). Los emprendedores y empresarios locales toman como benchmark a empresas de Lima y se especializan en productos puntuales, careciendo de flexibilidad de producción. Como resultados puntuales del estudio de tres empresas locales obtuvo los resultados de la Tabla 8.

Tabla 8. Conclusiones del estudio de posicionamiento de marca de mypes de confecciones en la provincia de San Román - 2014

<b>Carencia de ...</b>	<b>Descripción</b>
Marketing: producto	El 76% de consumidores percibe a los productos locales como bajos de calidad.
Marketing: precio	El 60% de consumidores considera que los precios son altos.
Tecnología	Poca innovación en la forma de trabajo.
Comercialización	Escaso conocimiento de comercialización mediante canales de distribución
Producción	No hay economías de escala
Financiamiento	Limitado acceso al financiamiento de capitales
Gestión	Carencia de planes operativos a corto y mediano plazo
Gestión	Las mypes no tienen misión visión y objetivos estratégicos.

Fuente. Cuevas (2017).

El segundo estudio de investigación realizado por Gutierrez (2015) es un análisis de los factores que influyen en las microempresas de confección textil en Puno. El estudio concluye mostrando que los principales factores que afectan la rentabilidad en este sector son costos en la producción, tecnología aplicada y acceso al financiamiento.

La metodología utilizada para tal conclusión es el análisis econométrico de las tres variables mencionadas el párrafo anterior. Es preciso poner énfasis en la tecnología de producción, pues su estudio concluye que ante cualquier mejora tecnológica la rentabilidad se incrementaría directamente proporcional en un 0.07%. Además, en el estudio de su población indica que el 84% de la población emplea tecnología tradicional y solo el 16% tecnología moderna<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Tecnología tradicional: Intensiva en mano de obra y Tecnología moderna: Intensiva en mano de obra

Como conclusión del análisis local se puede afirmar que las mypes carecen de sistemas de gestión modernos y son deficientes en la aplicación de técnicas y herramientas de administración de operaciones, marketing y planificación estratégica.

#### 3.4. Descripción de la empresa

La empresa se dedica a la producción y comercialización de ropa y artículos deportivos. Entre los productos que produce se tienen buzos, casacas, chalecos, camisetas y trusas de diversos modelos y tallas. Entre los productos que comercializa se tienen pelotas, medias, silbatos, canilleras y otros implementos deportivos. Adicionalmente se debe mencionar que la empresa tiene una tienda que comercializa materia prima para la confección de ropa deportiva como telas, pinturas de serigrafía, hilos, entre otros. La empresa apertura la tienda de materia prima con la finalidad de mantener el abastecimiento de su producción ya que al encontrarse en Juliaca tendría lead times altos en la compra de materiales.

##### 3.4.1. Reseña histórica

La empresa está situada en la ciudad de Juliaca, es una empresa con 32 años de experiencia en el mercado local. A lo largo de su historia ha experimentado un crecimiento constante hasta el año 2010, luego del cual decayó hasta el año 2015 y a partir del 2016 ha vuelto a reformular su plan de trabajo para mantenerse competitivo en el mercado.

Inicialmente la empresa se dedicaba a la comercialización de artículos deportivos como medias, pelotas y camisetas. En la década de los 90 incorporó la producción de camisetas, trusas, polos y productos afines, contaba con toda la maquinaria necesaria para el corte, confección y serigrafía. Con el crecimiento del negocio decidieron producir buzos deportivos y abrir un taller adicional para los nuevos productos. A inicios del año 2000 incorporaron la comercialización de telas para ropa deportiva para abastecer materia prima a su proceso productivo. Posteriormente adquirieron máquinas bordadoras para tener todo el equipo y maquinaria para el proceso productivo de sus productos.

##### 3.4.2. Cultura organizacional

La empresa cuenta con 3 áreas generales: comercialización, producción y logística que reportan directamente a la administración general. El organigrama se visualiza en la Figura 33.

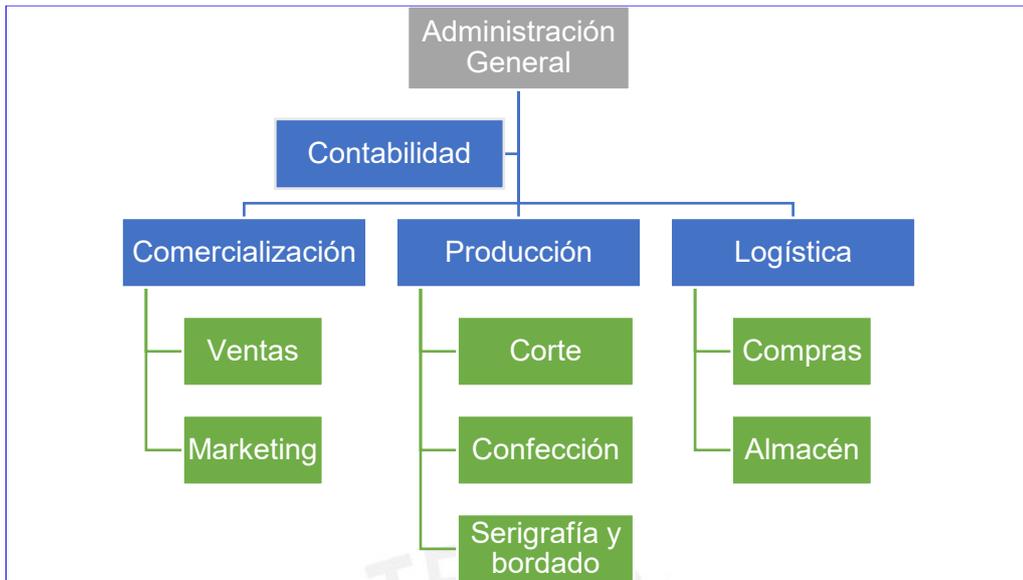


Figura 33: Organigrama de la empresa

### 3.4.3. Infraestructura y maquinaria

La empresa cuenta con 2 inmuebles ubicados en una misma manzana y en una calle comercial de la ciudad. Se puede visualizar la ubicación en la Figura 34.



Figura 34: Ubicación de los inmuebles

La empresa cuenta con 3 tiendas, 2 almacenes, 3 talleres de confección, 2 espacios para el corte y 2 talleres de bordado. El primer inmueble cuenta con 3 niveles, en el primer nivel se tiene 1 tienda de productos terminados y el taller de bordado, en el segundo nivel se tiene 1 almacén de productos terminados y en el tercer nivel se tiene 2 talleres (1 de corte y 1 de confección). Dentro del segundo inmueble se tiene 1 tienda dedicada a vender productos terminados, 1 tienda que comercializa materia

prima, 1 almacén de materia prima y 3 talleres (1 de confección, 1 de corte-confección y 1 de bordado). Se presenta la disposición de planta del inmueble 2 en la Figura 35.

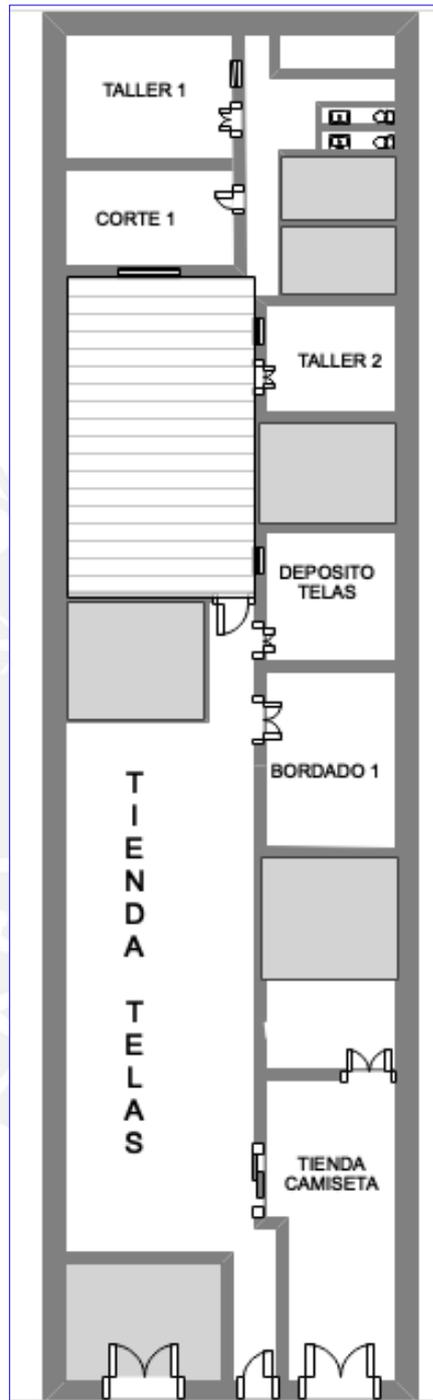


Figura 35: Distribución del inmueble 2

En la Figura 36 se puede visualizar la distribución del inmueble 1. Es preciso aclarar que bordado 2 están en piso 1, almacén de productos terminados está en el piso 2 y los talleres en el piso 3.



Figura 36: Distribución del inmueble 1

La maquinaria para la producción de ropa deportiva se presenta a continuación:

- Máquina de costura recta (Figura 37)
- Máquina remalladora (Figura 38)
- Máquina elástica (Figura 39)
- Cortadora grande y pequeña (Figura 40)
- Bordadora (Figura 41)



Figura 37. Máquina recta



Figura 39. Máquina elástica



Figura 38. Máquina remalladora



Figura 40. Máquinas cortadoras



Figura 41: Máquina bordadora

#### 3.4.4. Descripción de los productos

A continuación, se presenta descripción de los productos que fabrica y comercializa la empresa, así como imágenes de los mismos.

- **BUZOS**

Actualmente se producen buzos según pedidos del cliente y buzos para venta minoritaria. Para los pedidos, el cliente deja su modelo, elige sus colores y tallas y se procede a realizar un contrato de confección. Para la venta minoritaria, se produce buzos según la temporada: escolar, invierno y primavera. Para la producción de buzos se utiliza diversas telas como poli algodón, gabardina, tafeta y otros. Los precios se diferencian según tela, complejidad de modelo y talla. Ver Figura 42.



Figura 42: Buzos de la empresa

- **CAMISETAS**

Las camisetas se producen según pedidos del cliente y para venta minoritaria según temporada. En el primer caso, el cliente deja su modelo, elige sus

colores y tallas y se procede a realizar un contrato de confección. Estas camisetas son destinadas para competencias deportivas, por tanto, llevan personalizados escudos, insignias y nombres de instituciones o personas. En el segundo caso se produce camisetas según temporadas deportivas de los deportes de fútbol, vóley y basket. Ver Figura 43.



Figura 43: Camiseta de dama

- TRUSAS

Las trusas se producen según pedidos del cliente, normalmente se hace pedido en conjunto con camisetas para mantener un solo diseño y también se produce para venta minorista en los colores con mayor demanda. Para el primer caso, el cliente deja su modelo, elige sus colores y tallas y se procede a realizar un contrato de confección, como se mencionó líneas arriba las trusas normalmente van en contrato con las camisetas. Por otro lado, la producción para venta minorista es por temporada y los colores ofrecidos dependen de las camisetas de temporada. Ver Figura 44.



Figura 44: Trusa y camiseta

- CHALECOS

Los chalecos, solamente, se producen bajo pedido para instituciones, son personalizados y en lotes grandes. La frecuencia de pedido es baja. Ver Figura 45.



Figura 45: Chaleco

- OTROS QUE COMERCIALIZA

Entre los productos que comercializa se tiene pelotas, medias, conos, guantes, maletines, silbatos y otros artículos deportivos. Ver Figura 46



Figura 46: Productos que comercializa la empresa

## Capítulo IV: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

En el cuarto capítulo se realizará un diagnóstico de los ingresos, análisis del proceso productivo; identificación de valor, identificación de los principales problemas de la empresa e identificación de las causas de los problemas.

### 4.1. Análisis de ingresos

Se realizará el análisis de los ingresos en base al año 2018, ya que se contaba con la información completa de ese año. En promedio, los ingresos mensuales ascienden a 93,990 soles. En la Figura 47 se presenta los ingresos por mes del año 2018, donde se aprecia que los meses con mayores ingresos son abril, mayo, junio y setiembre. Los meses mencionados son las campañas de la empresa, la primera coincide con campaña escolar y la segunda con la venta a instituciones diversas.

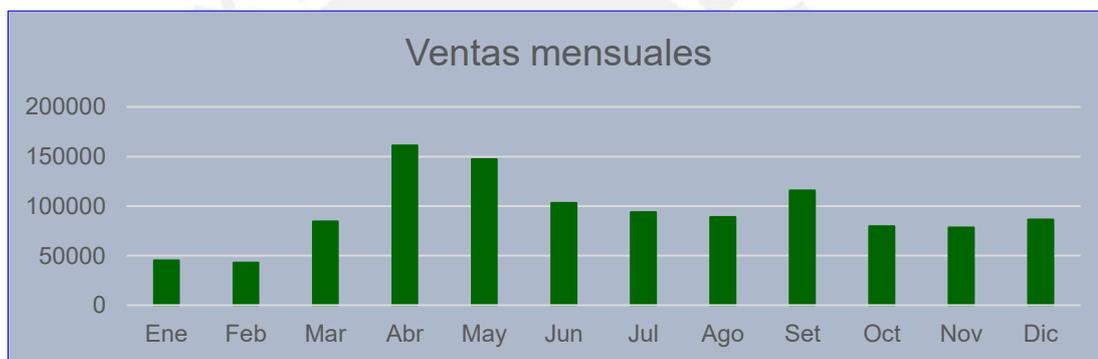


Figura 47: Ingresos mensuales 2018

En la Figura 48 se presenta los ingresos por semana del año 2018, el cual muestra la variabilidad de ventas entre semana y al mismo tiempo confirma la tendencia de las ventas mensuales, donde la campaña escolar es una de las más relevantes para la empresa. En contraste diciembre y enero son bajos en ingresos.

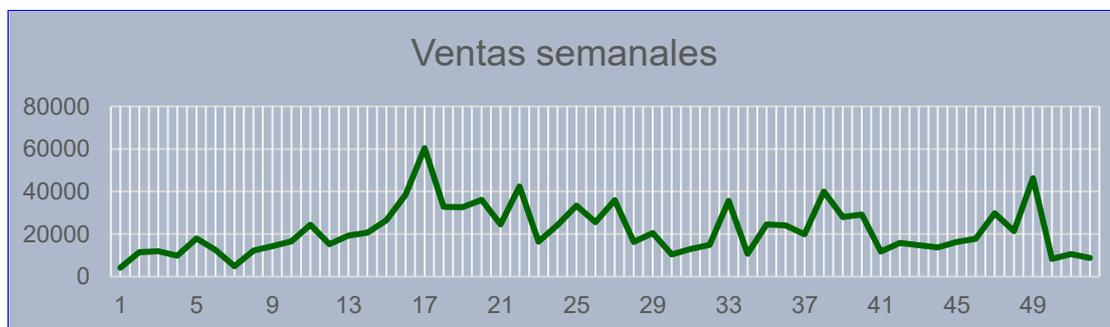


Figura 48: Ingresos semanales 2018

Las gráficas son confirmadas por información verbal brindada por el área de ventas y la administración. También informan que la empresa produce buzos durante enero,

febrero y marzo para su posterior venta en abril y mayo. Sin embargo, no pueden tener demasiado stock por los cambios en el mercado y los cambios en el diseño. Del análisis de ingresos se concluye que el factor clave es la respuesta al cambio y la adaptación a las preferencias del mercado. Un ejemplo claro fue la clasificación de Perú al mundial, donde las empresas de confección tuvieron oportunidad para generar ingresos a través de la venta de camisetas.

#### 4.2. Análisis de procesos

Se realizará el análisis de procesos siguiendo los siguientes pasos:

- Mapeo de procesos y descripción de los mismos.
- Elaboración de diagramas de operaciones y descripción de los mismos.

##### 4.2.1. Mapeo de procesos

En la Figura 49 se presenta el diagrama SIPOC (Supplier, Inputs, Outputs, Customers) de la empresa, a través del cual se puede visualizar el proceso macro para todo contrato de producción o producto producido.

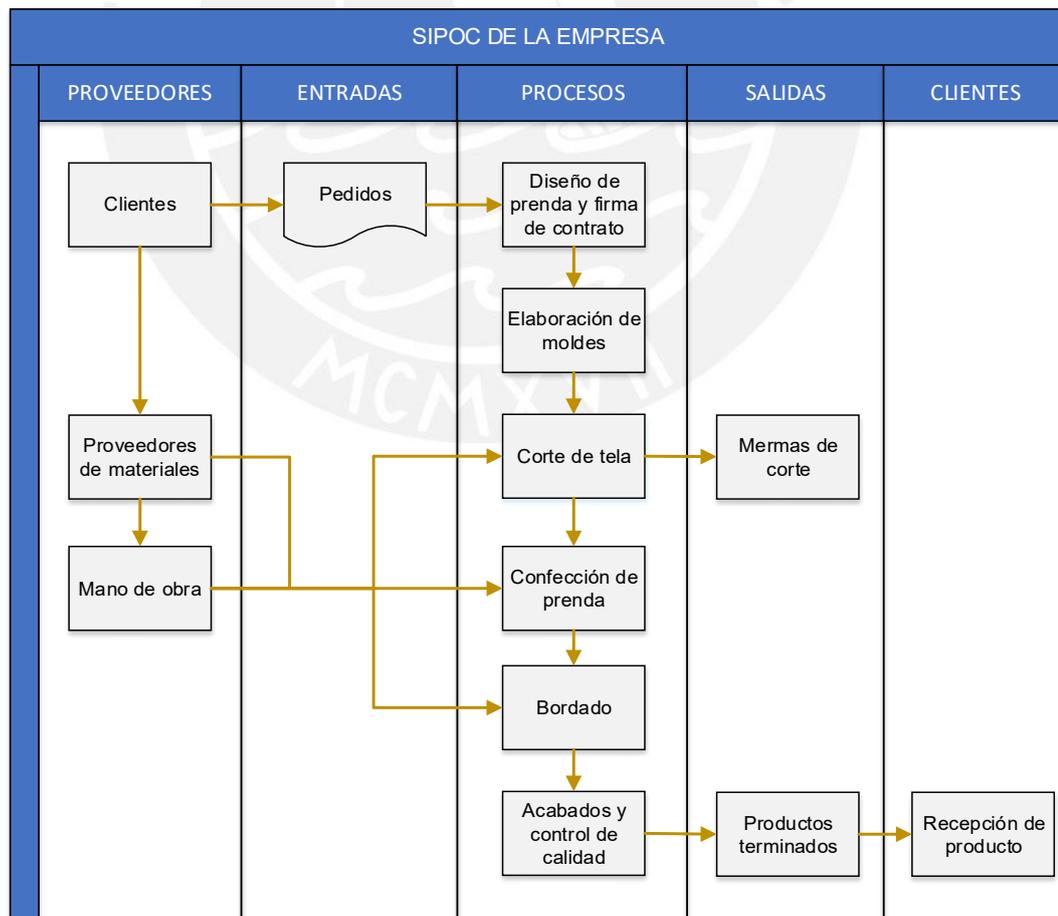


Figura 49: SIPOC macro de la familia de producto de buzos

El proceso empieza por la firma de contrato con el cliente quien desea ordenar un pedido de buzos, camisetas o chalecos a la empresa; como primer paso se elige el modelo de la prenda, en ocasiones el cliente trae su modelo y en otras se diseña según los catálogos de la empresa; luego se eligen las tallas y finalmente se llena el contrato de pedido. El segundo proceso es la elaboración de moldes, empieza cuando la persona que recibió el pedido explica los detalles de la orden de producción y transfiere los documentos necesarios al diseñador-cortador para que este pueda pedir la materia prima necesaria. Luego se espera la aprobación del material solicitado y la recepción de tela y otros materiales para realizar el corte. El tercer proceso es el de corte del cual se obtienen las partes a coser y se produce merma de retazo. El siguiente proceso es el de confección de prenda que empieza con la entrega y verificación de cortes al costurero y finaliza con la entrega de prenda terminada al personal de acabados. Como quinto proceso se tiene el bordado donde se agrega los diseños o insignias que solicite el cliente. Finalmente concluye con el proceso de acabados donde se agrega accesorios complementarios, se da la limpieza final, se empaqueta y se almacena hasta que el cliente recoja su pedido.

#### 4.2.1.1. Proceso de diseño de prenda y firma de contrato

El primer proceso en la cadena productiva tiene como finalidad captar a los clientes y obtener un contrato y una orden de producción. El contrato tiene la información económica respecto al pedido y la orden de producción, la información técnica del producto a producir. La Figura 50 muestra el flujo del proceso en cuestión.

#### 4.2.1.2. Proceso de elaboración de moldes

El proceso de elaboración de moldes tiene como finalidad obtener los patrones para el proceso de corte y obtener la aprobación del requerimiento de materiales por parte de la administración. El flujo del proceso de elaboración de moldes se ilustra en la Figura 51.

El diseño del molde se hace manualmente según las especificaciones del cliente, en este proceso se tiene la más alta variabilidad de tiempo de operación debido a la variabilidad de modelos en cada familia de producto.

#### 4.2.1.3. Proceso de corte

En la Figura 52 se presenta el flujograma del proceso de corte. Con los materiales en el taller, se tiende la tela, se traza y encaja los moldes en la tela hasta cubrir todas las tallas y finalmente se procede a cortar la tela. El proceso finaliza con el traslado de cortes a una mesa cercana para su posterior entrega a costura.

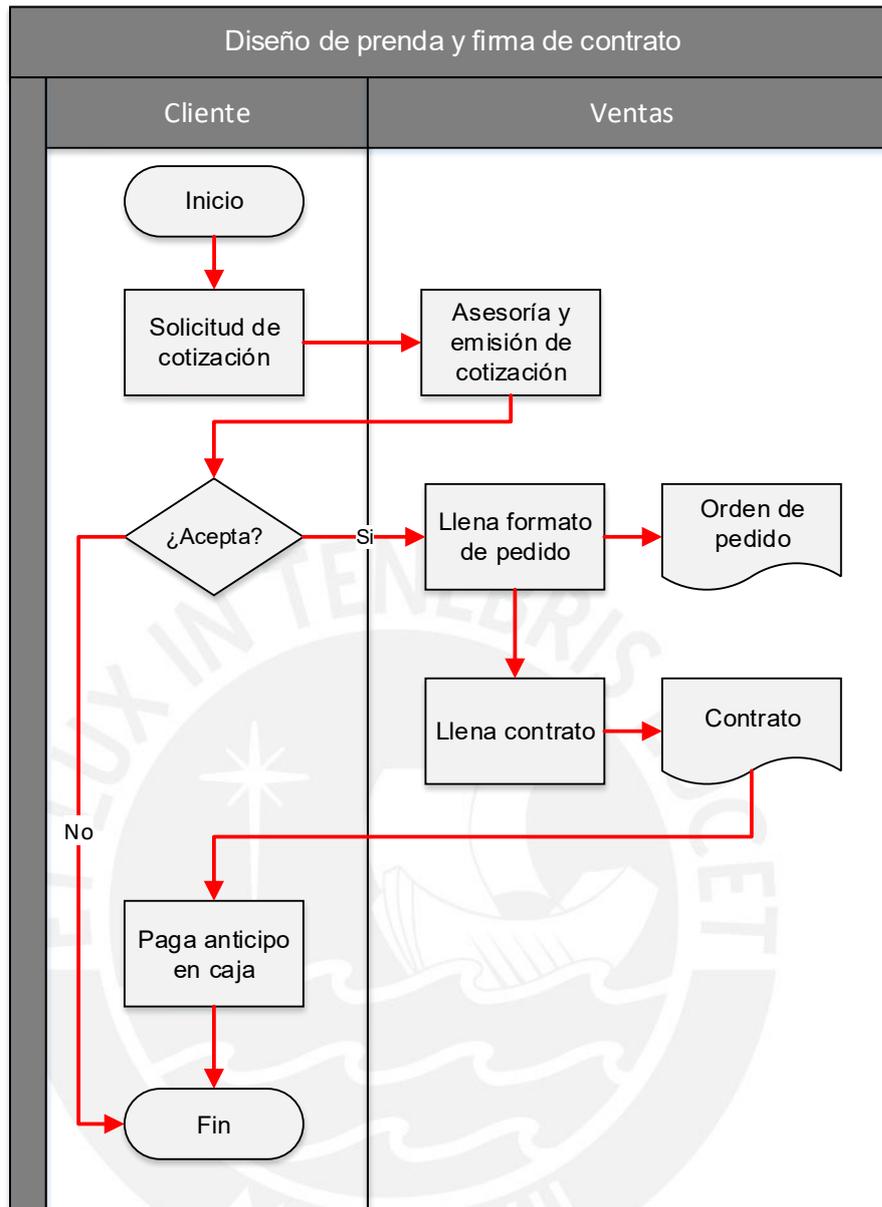


Figura 50: Flujo de proceso de diseño de prenda y firma de contrato

Los materiales para el corte son la tela (por cada color), rib complementario y como herramientas se tienen cortadora grande y pequeña, tijera, pesas suministros tiza.

El proceso de corte tiene como operaciones más importantes:

- Tendido: Consiste en tender la tela en la mesa de corte. El largo dependerá de los moldes obtenidos en el diseño.
- Trazado: Consiste en plasmar el diseño de los moldes en la tela tendida
- Corte: Cortar la tela con cortadora industrial

Se debe realizar un análisis detallado de la operación del diseño de molde puesto que es el cuello de botella según la información preliminar.

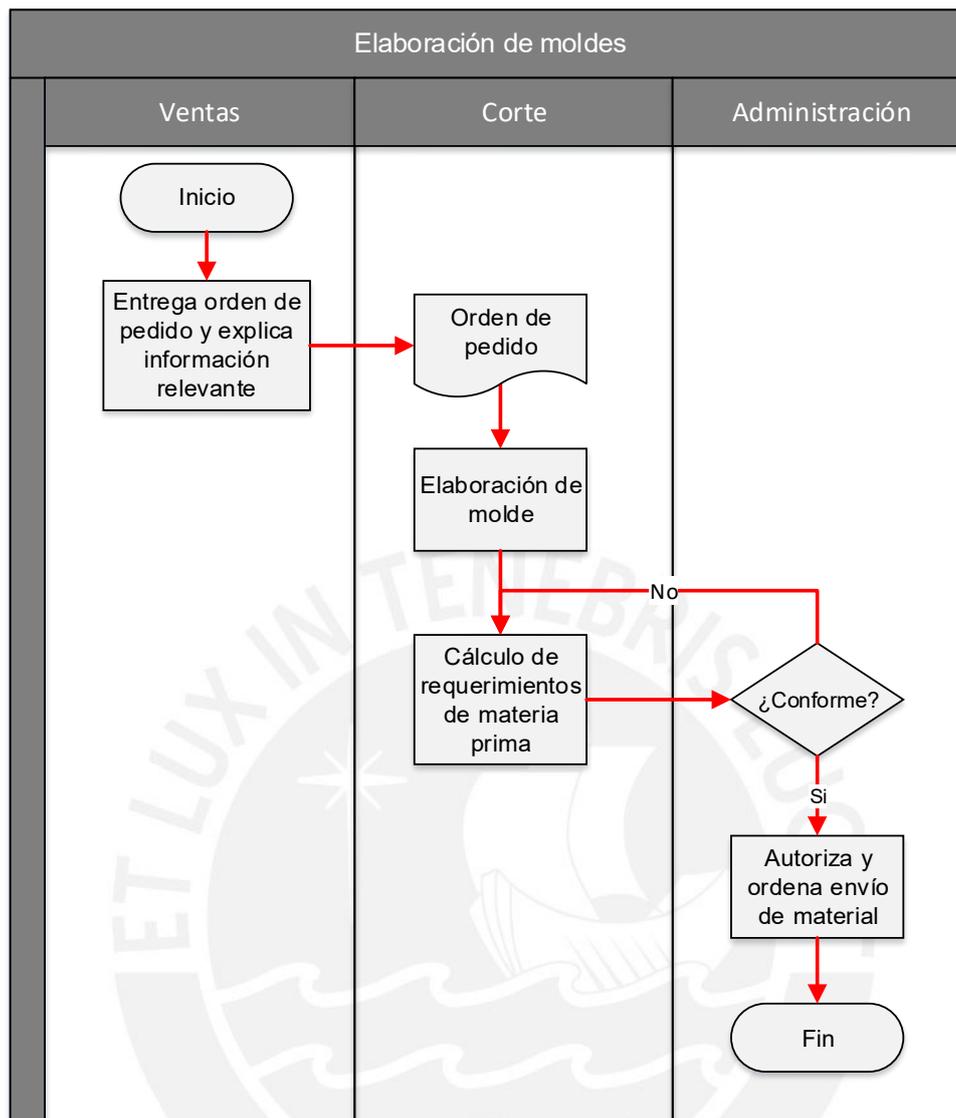


Figura 51: Flujo de proceso de elaboración de molde

#### 4.2.1.4. Proceso de confección

El proceso de confección consiste en la unión de mangas, espalda, cuerpo y cuello para obtener la prenda deportiva. Sin embargo, a veces se debe unir preliminarmente partes de la manga, espalda y pecho según el modelo de la prenda deportiva.

- Unión de partes preliminares: Consiste en armar mangas, cuerpos, espalda y pecho según el modelo para posteriormente armar la prenda.
- Unión de partes: Consiste en armar la prenda como tal, mediante la unión de cuerpo, espalda y mangas.
- Interrupción: En este punto es necesaria la interrupción de proceso para pasar al proceso de logotipo, el cual puede ser en bordado o serigrafía dependiendo de la prenda. También puede no darse la interrupción si se le puede aplicar el logotipo en prenda terminada.

- Costura de diseño final: En esta operación se completa las costuras que le darán las características del modelo diseñado, como por ejemplo ponerle elástico, rib, venas, collaretas. La diferencia de esta operación es que puede realizarse en máquinas especiales diferente a la costura recta o remalle.
- Pespunte final: En esta operación se realizan costuras de acabado final que le dan caída a y resistencia a otras costuras.

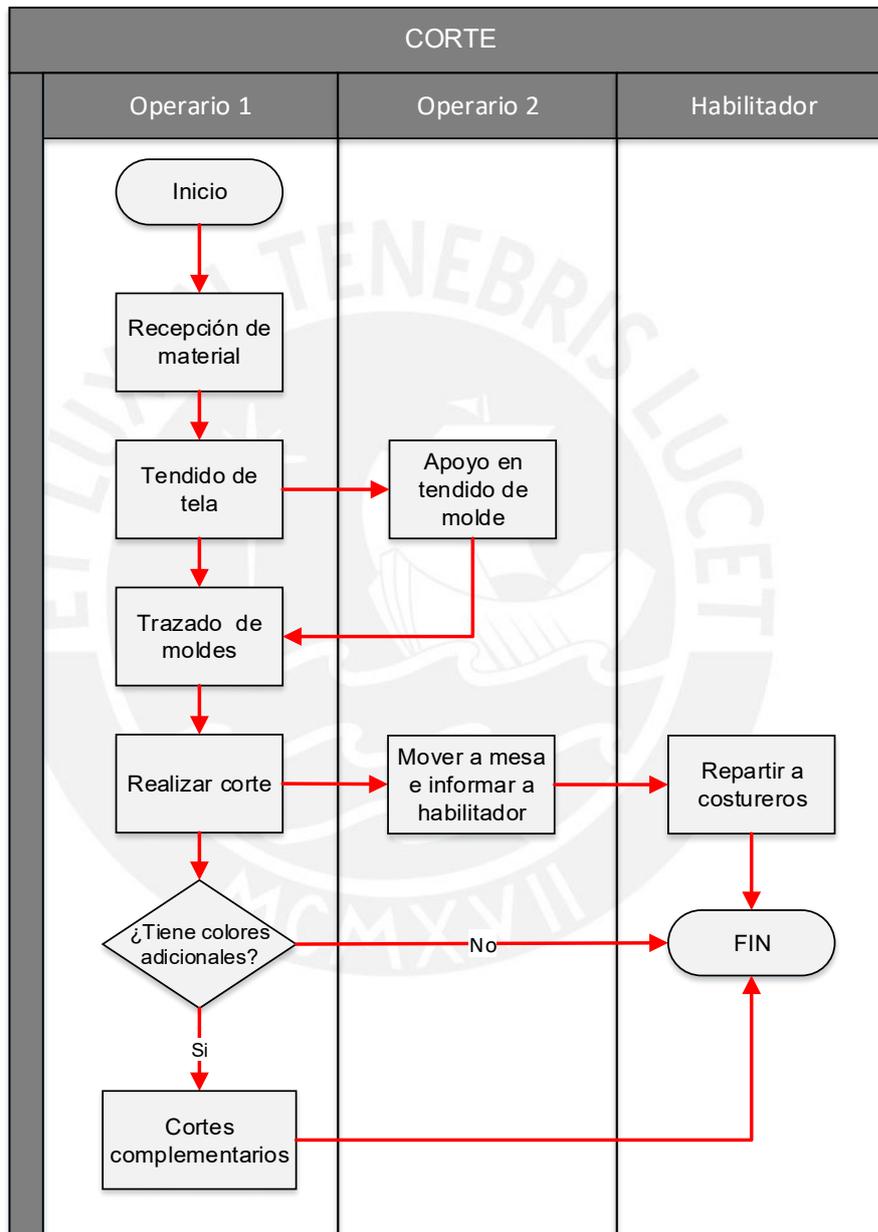


Figura 52: Flujograma del proceso de corte

Las máquinas de coser utilizadas normalmente son costura recta y remalladora para la unión de partes y el pespunte. En cambio, para la costura de diseño final se puede utilizar máquinas como la recubridora, collaretera o elástica, que tienen funciones específicas.

La Figura 53 ilustra el flujo de proceso de confección. El proceso de confección empieza por la entrega de cortes de tela y materiales complementarios del habilitador al costurero. Luego el costurero se encarga de coser la prenda en su puesto de trabajo empleando entre 2 a 3 máquinas según lo deseado.

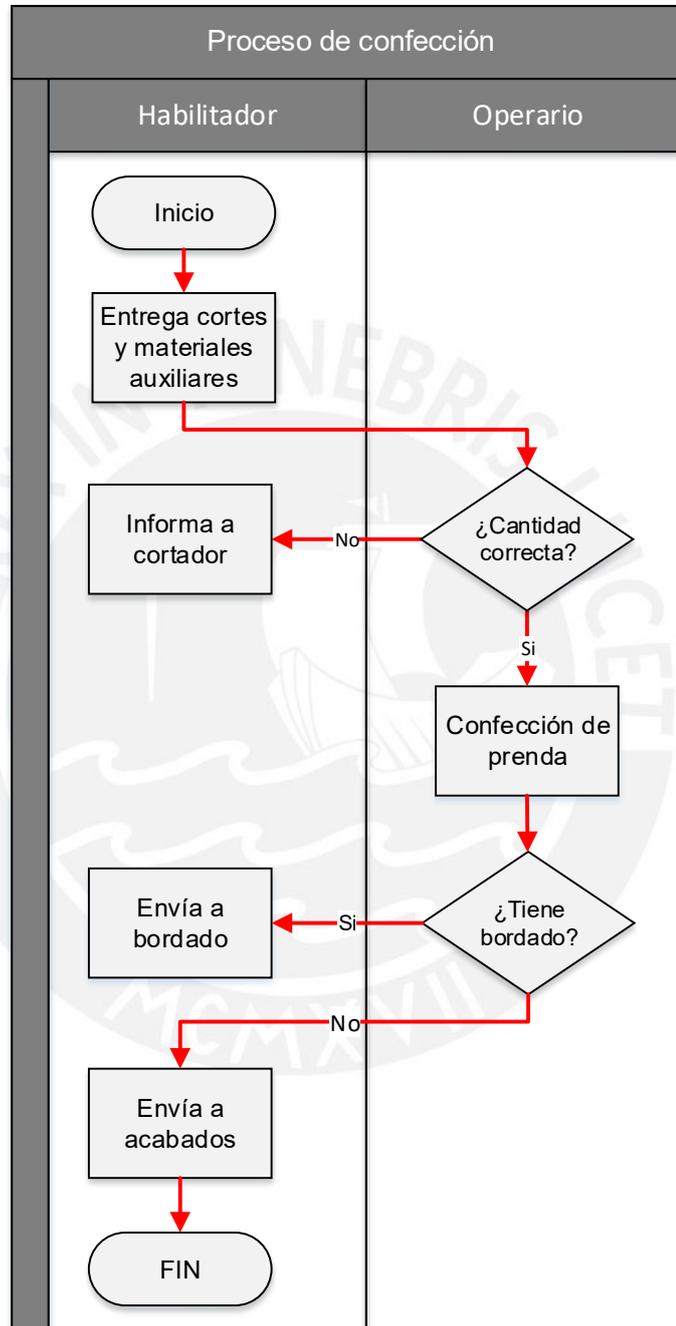


Figura 53: Flujograma del proceso de confección

#### 4.2.1.5. Bordado o serigrafía

Como la producción es bajo pedido, las prendas deportivas llevan logotipos en la espalda, en el pecho o en otro lugar según lo deseado por el cliente. Por tanto, se realiza el proceso de bordado o de serigrafía según lo solicitado. Ver Figura 54.

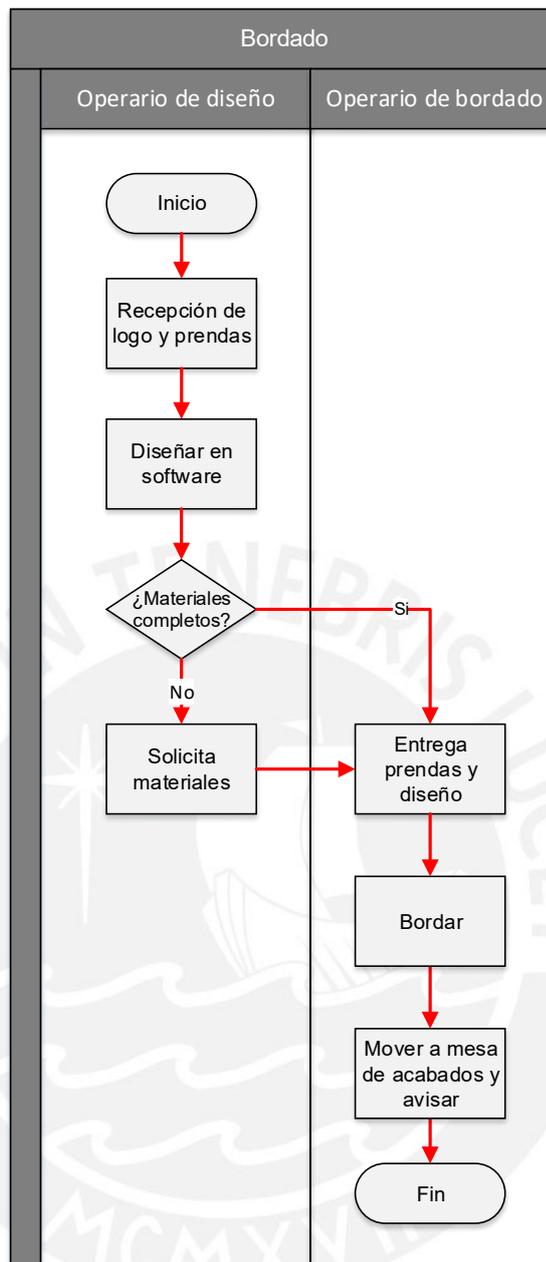


Figura 54: Flujograma del proceso de bordado

- a) Bordado: El proceso de bordado tiene como operaciones a:
- Diseño computarizado: Consiste en diseñar los logotipos solicitados en software de computadora Wilcom.
  - Bordado: La operación del bordado es mediante la máquina bordadora computarizada Tajima, la cual necesita del diseño computarizado y la carga y descarga de prendas a bordar.
- b) Serigrafía: El proceso de serigrafía
- Diseño computarizado: Consiste en diseñar los logotipos solicitados en software de computadora (CorelDraw, Photoshop o Illustrator)

- Impresión: Imprimir el diseño a través de impresoras especializadas para serigrafía.
- Sublimado: Planchar la prenda junto con la impresión para transferir el diseño a la prenda.

#### 4.2.1.6. Proceso de acabados y control de calidad

En la Figura 55 se presenta el flujograma del proceso de acabados y control de calidad de la empresa. El proceso empieza con la recepción de prendas y verificación de costuras (forma), si hubiese alguna falla se comunica a la administración para que ordene la corrección de las costuras. Se envía las prendas al área de bordado y a su regreso se realiza la limpieza final. Por último, se empaqueta y se almacena el producto.

El acabado consiste en limpiar la prenda de hilos

- Limpieza: Consiste en quitar todos los hilos innecesarios que pudieron quedar del proceso de confección.
- Inspección de calidad: Verificar que la prenda tenga buenas condiciones a nivel visual
- Empacado: Consiste en doblar la prenda y poner la prenda en su bolsa final.

Con los procesos establecidos y definidos se procederá a identificar el valor y realizar el mapeo de flujo de valor.

#### 4.3. Mapeo de flujo de valor

Rother y Shock (1999) recomiendan enfocarse en una familia de productos como primer paso para realizar un mapeo de flujo de valor. Elegir la familia de productos requiere de agrupar productos que tenga procesos similares en su transformación o sus flujos de producción tenga secuencias parecidas. Para la empresa se tiene las siguientes familias de productos (ver agrupación en la Figura 58):

- Buzos sin forro (buzo escolar y buzo deportivo)
- Buzos con forro (buzo térmico y buzo cortaviento)
- Chalecos (entero y con bolsillo)
- Camisetas y polos (polo escolar, camiseta réplica, sublimado parcial)
- Camisetas sublimadas digital
- Trusas y short (short dama, short falda, sniker, trusa varón sublimado, chavito)

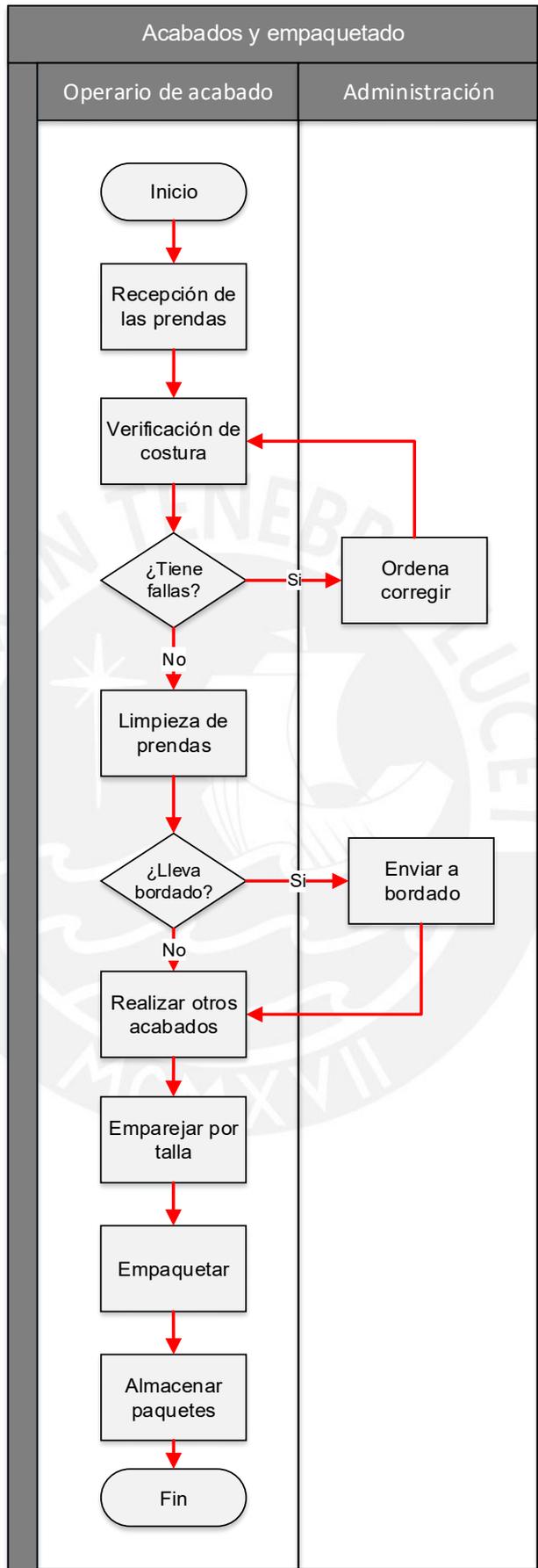


Figura 55: Flujograma de acabados y control de calidad

La elección de la familia a estudiar dependerá de los ingresos que generan para la empresa. En la Figura 56 se presenta los ingresos por familia de productos durante el año 2018.



Figura 56: Ingresos anuales 2018 por familia de productos

Por tanto, el mapeo de flujo de valor se realizará sobre la familia de Buzos sin forro, el cual representa el 46.2% de los ingresos de productos producidos.

#### \*4.3.1. Descripción de la familia elegida y mapeo de flujo de valor

Los buzos sin forro son buzos deportivos, ligeros y fabricados en las telas de polialgodón, gabardina, polifix, impala y poliadidas. El tamaño de lote de producción es variable, desde 6 unidades mínimo por talla (ver Figura 57)

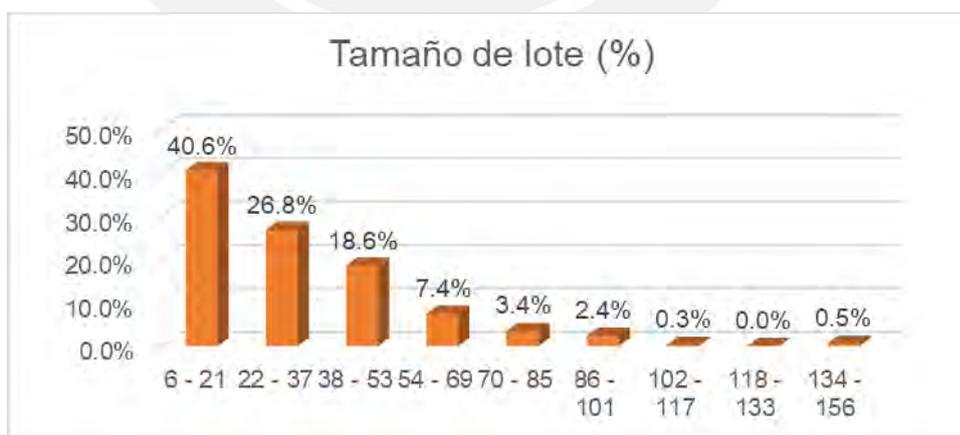


Figura 57: Distribución de tamaño de lote de producción

Por la distribución estadística de tamaño de lote que sigue el gráfico, el estadístico más apropiado para el tamaño de lote es la mediana = 26 unidades. Cantidad que se tomará como representativo del tamaño de lote.

		Pasos en el proceso productivo												
		Remalle	Costura Recta	Pespunte	Elasticado	Recubridora	Collareta	Elaboración de molde	Ajuste en molde	Bordado en tela	Bordado en prenda terminada	Sublimado	Plantilla ploter	Tira tejida
P R O D U C T O S	1 Buzo escolar	X		X	X			X			X	X		X
	2 Buzo deportivo	X		X	X		X	X			X			
	3 Buzo térmico		X	X	X			X		X				
	4 Buzo cortaviento		X	X	X			X		X		X		
	5 Chaleco entero		X	X					X	X				
	6 Chaleco con bolsillos		X	X					X	X				
	7 Polo escolar	X	X			X	X		X		X			X
	8 Camisetas replica	X	X			X	X	X			X			
	9 Camisetas sublimado parcial	X				X	X		X		X	X	X	
	10 Camisetas sublimado digital	X					X		X			X	X	
	11 Short dama	X		X					X					
	12 Short falda	X		X		X			X					
	13 Snikers	X		X					X					
	14 Trusa varón costura	X		X	X				X					
	15 Trusa varón sublimado	X		X					X				X	
	16 Chavitos	X		X		X			X					

Figura 58: Selección de familia de producto

La cantidad de 26 coincide con la asignación de carga de trabajo que se le da a cada operario de confección. Si una orden de producción es menor a 26 se le asigna toda la cantidad a una sola persona, si supera las 30 unidades se puede distribuir entre dos o más personas.

Para la producción se 26 unidad se requiere de 1.5 rollos de tela. Cada unidad requiere de 2.3 metros de tela, así para 26 unidades son 59.8 metros. Cada rollo tiene 40 metros de tela. Los rollos de tela son comprados en Lima y demoran 3 días en llegar a Juliaca. Al llegar a Juliaca se almacenan en la tienda de telas o los almacenes. La materia prima sigue los procesos detallados en el acápite 4.2.1 (Mapeo de procesos) con algunas aclaraciones particulares.

La elaboración de molde y corte son realizadas por la misma persona, por lo que dedica cierta cantidad de horas a cada proceso. Para la confección se cuenta con 3 personas dedicadas a la confección de la casaca y 2 personas para el pantalón, cada persona trabaja independientemente y no en línea de producción. El bordado y acabado atienden todas las familias de productos. La dedicación a esta familia de productos es de 20% y 40% de su tiempo respectivamente. El turno diario es de 10 horas de lunes a viernes. Finalmente, la demanda estimada, según el histórico de órdenes, es de 800 buzos mensuales. Por lo que la cantidad de lotes es de 30.77 lotes mensuales. En la Figura 60 se presenta el Mapeo de flujo de valor de la situación actual.

Luego de visualizar el mapeo de flujo de valor, se analiza los tiempos en cada proceso y se compara con el takt time para posteriormente analizar los procesos críticos en función a su capacidad. Ver Figura 59

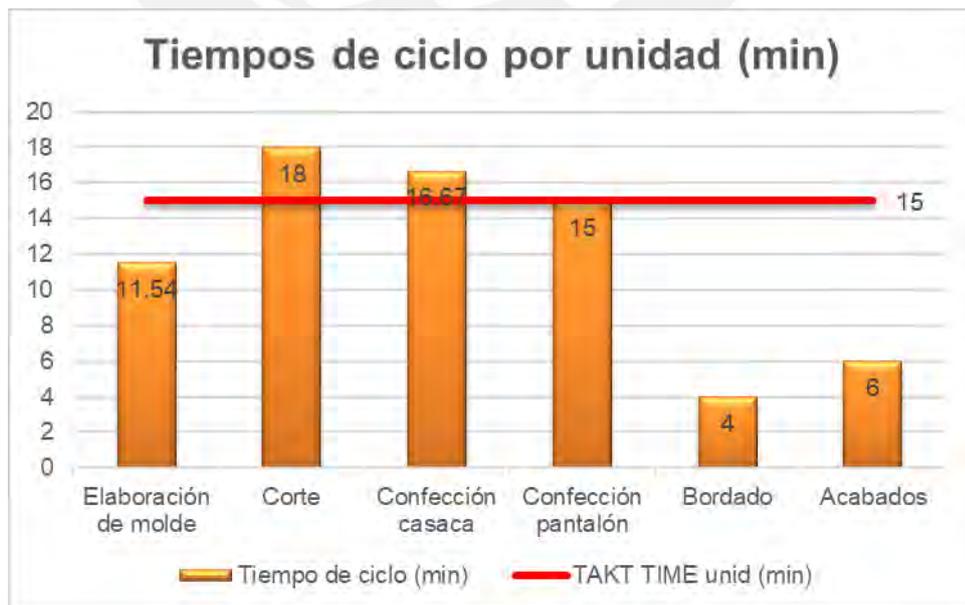


Figura 59: Tiempos de ciclo por proceso

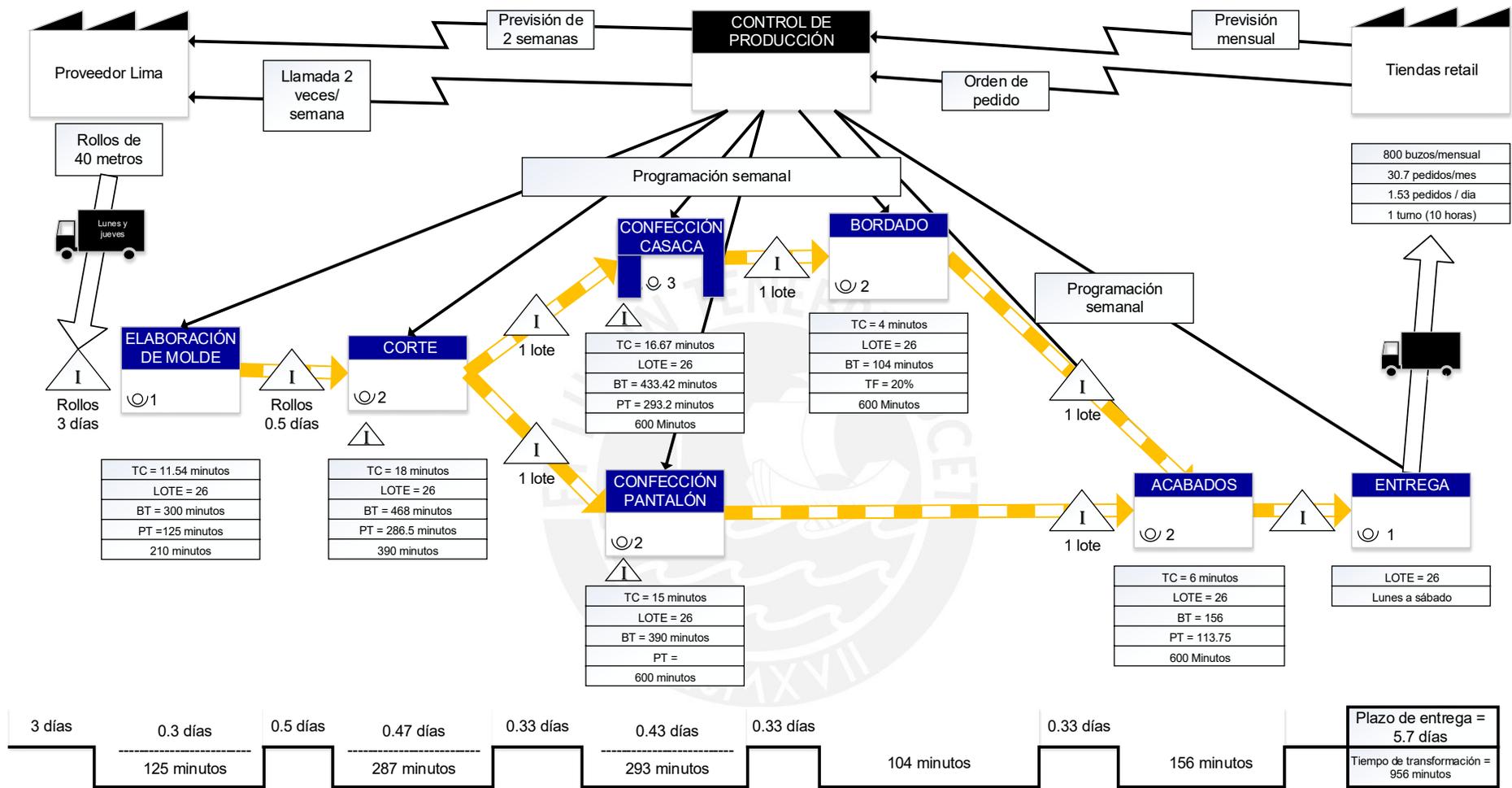


Figura 60: Mapeo de flujo de valor de la familia buzos sin forro

Los procesos críticos y que limitan la capacidad de producción son corte y confección de casaca con 18 y 16.67 minutos respectivamente. respectivamente. Por tanto, el análisis y propuesta de mejora se realizará sobre estos dos procesos en especial.

Sin embargo, es preciso mencionar que el análisis de proceso incluido el takt time debería realizarse en base a lote de producción "**batch time**" debido a que no se cortan prendas por unidad, sino por lotes de producción y tampoco se entregan prendas por unidad al proceso de confección, sino por lotes. En la Figura 57 se detalló el tamaño de lotes de producción que recibe la empresa en sus contratos con los clientes. Por los motivos expuestos se presenta el análisis de batch time en la Figura 61, el cual servirá para analizar los desperdicios posteriormente.



Figura 61: Tiempos de lote por proceso

#### 4.3.2. Identificación de actividades que agregan y no agregan valor

En este punto se detallará las actividades de los procesos de elaboración de molde, corte y confección de casaca. El cuello de botella es el proceso de corte según lo visto en la Figura 61. El segundo proceso con mayor demora es la confección de casaca. El proceso de elaboración de molde se incluye porque lo realiza la misma persona que realiza el proceso de corte.

En adelante se presentará los Diagrama de actividades del Proceso (DAP), descripción de las operaciones y fotografías que ilustren cada actividad. Posteriormente, se identificarán las actividades que agregan valor (VA), actividades que no agregan valor, pero son necesarias en el proceso (NVA) y actividades que no agregan valor y no son necesarias en el proceso (NNVA).

#### 4.3.3.1. Elaboración de moldes

El DAP de elaboración de molde para la familia de buzos sin forro se presenta en la Figura 62.

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO								<input type="checkbox"/> Operación: <input type="checkbox"/> Material: Tela polialgodon <input type="checkbox"/> Hombre:
PROCESO: Fabricación de un buzo deportivo en polialgodon talla M cant 26								
METODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual			<input type="checkbox"/> Propuesto			
Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
1	Almacenaje de materia prima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3 días	
2	Diseño de molde	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		60	Inicia proceso de elaboración de molde
3	Escalado de tallas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		50	
4	Elaboración de moldes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		40	
5	Solicitud y recepción de material	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		15	
6	Espera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		115	* Solo se detalla para indentificar el desperdicio
7	Traslado de almacén a taller	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	140	10	Fin proceso de elaboración de molde
Resumen: Cantidad		3	1	0	1	1	140	290

Figura 62; DAP del proceso elaboración de molde

- La primera actividad almacenaje con duración de 3 días representa al lead time para abastecer tela desde Lima.
- La segunda actividad **diseño de molde** (ver Figura 63) dibuja los moldes en papel según el diseño del cliente.



Figura 63: Diseño de molde

- La tercera actividad escalado de tallas corresponde al dibujo del molde en papel para todas las tallas solicitadas.
- La cuarta actividad **elaboración del molde** (Ver Figura 64) consiste en elaborar el molde inicial de acuerdo al modelo deseado.

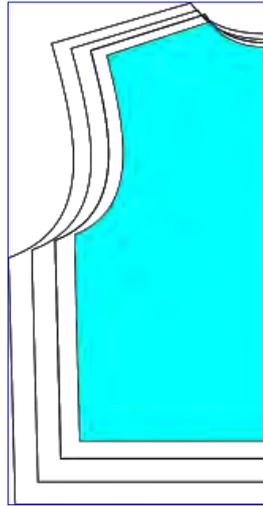


Figura 64: Elaboración de molde

- La quinta actividad **solicitud y recepción de material** consiste en solicitar la tela para el pedido y esperar la conformidad de la administración.
- La sexta actividad de espera con duración de 115 minutos representa la primera espera innecesaria para la producción.
- La séptima actividad es el traslado desde almacén hasta el taller de corte, actividad que no agrega valor, pero necesaria.

En la Tabla 9 se presenta el resumen de las actividades del proceso de elaboración de molde. Donde no se incluye la primera actividad de lead time de tela.

Tabla 9. Identificación de actividades en elaboración de molde

ELABORACIÓN DE MOLDE		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	DURACIÓN (min)
VA (2,3,4 y 5)	4	165
NVA (7)	1	10
NNVA (6)	1	115
TOTAL		290

#### 4.3.3.2. Corte

El DAP del proceso de corte se presenta en la Figura 65. En el proceso de corte el único tiempo variable es el de tendido, las demás actividades cuentan como tiempo constante independiente del lote.

- **Pre trazado:** Esta operación comprende dos actividades
  - Carga de material: La actividad es desenrollar las telas y quitarle entre 20 a 50 cm de tela iniciales que vienen marcados y no son utilizables.
  - Pre trazado: Se extiende la tela y se simula el trazado para estimar el largo que tendrá la tela tendida (ver Figura 66).

Esta actividad tiene la finalidad de saber la longitud que se extenderá el rollo durante el tendido (para el caso de los 60 buzos de talla M se determinó 1.82 metros de largo).

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO								OBSERVACIONES
PROCESO: Fabricación de un buzo deportivo en polialgodon talla M cant 26								
METODO:	<input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto							
Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	
8	Cargar rollo	● ⇨ □ D ▽					3	Inicia proceso de corte
9	Pre trazado	● ⇨ □ D ▽					45	
10	Tendido de tela	● ⇨ □ D ▽					26	Tiempo variable según lote (1 min por prenda)
11	Trazado	● ⇨ □ D ▽					70	
12	Corte de tela	● ⇨ □ D ▽					80	Se produce la merma
13	Insepección cantidad y forma	○ ⇨ ■ D ▽					6.5	Tiempo variable según lote (0.25 min promedio por prenda)
14	Marcado	● ⇨ □ D ▽					13	Tiempo variable según lote (0.5 min promedio por prenda)
15	Corte otros colores	● ⇨ □ D ▽					80	
15	Corte tela complementaria	● ⇨ □ D ▽					20	
16	Traslado a mesa de habilitador	○ ➡ □ D ▽				2.5	3	Fin proceso de elaboración de molde
17	Almacenaje en mesa de habilitado	○ ⇨ □ D ▽					73.5	* Se incluye para identificar el desperdicio
Resumen: Cantidad		6	1	1	0	1	2.5	420

Figura 65: DAP del proceso de corte

El tiempo estimado de esta operación es de 45 minutos para 51 unidades (0.9 minutos por unidad). Para el caso de los 51 buzos el largo fue de 1.62 metros, con lo que se formó un rectángulo de 1.54m x 1.62 m.

En otro caso de 60 buzos de tallas L y S, el tendido fue de ancho largo 2.30m x 1.54m. La actividad no agrega valor y no es necesaria.



Figura 66: Pre trazado de tela - buzo sin forro

- **Tendido:**

Consiste en extender la tela en capas una sobre otra, la longitud de extendido es la obtenida en el pre trazado. La tela debe estar bien extendido y sujetado por objetos pesados, se utilizan 4 pesas. Al término del tendido se cortan los costados de la tela para dividir las capas (Figura 67).



Figura 67: Tendido de tela - buzo sin forro

Cada capa se tiende en promedio de 1 minuto. Se tendieron 60 capas ya que cada capa representa a 1 buzo (tiempo de operación 60 minutos).

- **Trazado:**

Consiste en colocar los moldes encima de la tela extendida y trazar con una tiza los contornos del molde en la tela. El trazado determina el consumo de material. Ver Figura 68



Figura 68: Trazado de tela – buzo sin forro

Otro dato es que se empleó 138 metros para todo el azul marino (largo de tendido 2.3 metros x 60 capas)

- **Corte de tela:** El corte se procura realizar sobre el total de unidades del pedido. Se utiliza la cortadora grande como herramienta principal y complementariamente la cortadora pequeña o tijeras de ser necesario (ver

Figura 69). El tiempo depende de que tantas partes tenga el diseño. Las mermas se pueden volver pitas y bolsillo.



Figura 69: Corte de tela tendida

Adicionalmente si el buzo tiene varios colores, se corta en los colores que corresponda.

- **Inspección de cantidad y forma:** Dentro del proceso de corte se da una inspección de forma y cantidad. Esta actividad no agrega valor, pero es necesaria en el proceso
- **Marcado:** Para identificar las tallas de los cortes (Figura 70). Esta actividad no agrega valor, pero es necesaria en el proceso.



Figura 70: Marcado e inspección de cortes

La actividad de almacenamiento en la mesa de habilitado se incluye en el DAP para registrar el tiempo de espera. La Tabla 10 resume las actividades en el proceso de corte.

Tabla 10. Identificación de actividades en corte

CORTE		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	DURACIÓN (min)
VA (10,11,12,15,16)	5	316
NVA (8,13,14)	3	22.5
NNVA (9,17, 18)	3	121.5
TOTAL		460

#### 4.3.3.3. Confección de casaca

El DAP de confección de casaca de la familia de buzos sin forro se presenta en la Figura 71. Es preciso indicar que el DAP contiene información de tiempo de duración de cada actividad y el número de repeticiones que amerita el lote trabajado. En algunos casos es 26 y en otros 52 porque cada prenda tiene 2 mangas, 2 bolsillos, 2 pecheras, etc. En el DAP de un buzo se aprecia constantemente esperas entre actividades, las cuales suceden porque se trabaja por lote de producción. Es decir, un operario realiza cada actividad para cada prenda del lote, mientras las demás prendas esperan en la máquina. Tales esperas no agregan valor, sin embargo, el análisis del flujo de valor está en función al lote completo (26 unidades) y el tiempo de operación sobre las 26 unidades. Por tal motivo no se tomará en cuenta tales esperas como desperdicio, ya que ello implicaría un análisis más minucioso y a nivel de puesto de trabajo.

En el DAP de la Figura 71 se tiene un tiempo de operación de 34.8 minutos por prenda y 913.9 minutos por lote de 26 casacas. En este caso el tiempo por lote es directamente proporcional al tamaño de lote. Y es preciso aclarar que es el tiempo que el operario pasa procesando el producto y aún no se ha considerado las actividades que no agregan valor en el proceso de confección. Los cuales se expondrán después de detallar cada actividad del proceso de confección.

Las actividades del proceso de confección se detallan en las Tablas 11,12,13,14 y 15. El armado de pecho involucra las primeras 6 actividades (sombreado amarillo en el DAP) y la descripción de las actividades se encuentran en la Tabla 11.

		DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO								
LOTE		PROCESO: Fabricación de un buzo deportivo en polialgodon talla M cant 26					<input type="checkbox"/> Operación: <input type="checkbox"/> Material: Tela polialgodon <input type="checkbox"/> Hombre:			
26		METODO:		<input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto						
NRO	Repetición	Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Distancia en metros	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
1		Verificación de cantidad	○ →	■	□	□	▽		45	Operario revisa el corte y que los materiales esten completos
2	52	Amar tapa de bolsillo	● →	□	□	□	▽		0.85	
3	52	Unir tapa de bolsillo y bolsa de bolsillo al cuerpo	● →	□	□	□	▽		1.3	
4	52	Apertura de bolsillo	● →	□	□	□	▽		0.5	
5	52	Pespunte de bolsillo	● →	□	□	□	▽		2	
6	52	Cerrar bolsa de bolsillo (boleado)	● →	□	□	□	▽		0.35	En esta actividad es pecho delantero
7		Separar costura en cada nodo	○ →	□	■	□	▽		3.5	
8	52	Armado de manga	● →	□	□	□	▽		0.5	
9	52	Pespunte de unión	● →	□	□	□	▽		0.2	
10	52	Unión de hombros y manga	● →	□	□	□	▽		0.5	
11	52	Pespunte de unión	● →	□	□	□	▽		0.2	
12	52	Unión de manga con hombro	● →	□	□	□	▽		0.7	
13	52	Pespunte de unión	● →	□	□	□	▽		0.2	En esta actividad es manga
14	26	Unión de pecho con mangas	● →	□	□	□	▽		2.5	Es para una casaca completo
15	26	Pespunte	● →	□	□	□	▽		0.2	Es para una casaca completo
16	26	Union de espalda con mangas azul marino	● →	□	□	□	▽		2.5	En esta actividad se le agrega la vena
17	26	Pespunte	● →	□	□	□	▽		0.2	En esta actividad la espalda y los pechos están unidos
18	26	Remalle de contrapecho	● →	□	□	□	▽		0.2	En la actividad anterior ya tiene forma de casaca
19	26	Amar cuello con contrapecho y etiqueta	● →	□	□	□	▽		0.25	
20	26	Unir cuello, contrapecho y etiqueta al cuerpo	● →	□	□	□	▽		0.3	
21	52	Cerrar laterales de la casaca	● →	□	□	□	▽		0.5	
22	26	Amar pretina con su tapita de casaca	● →	□	□	□	▽		0.25	
23	26	Unir la pretina y tapita a la casaca	● →	□	□	□	▽		1	
24	26	Unir el cierre , el contrapecho y la tapita de casaca a la casaca	● →	□	□	□	▽		5.5	
25	26	Pespunte de cierre (2 lados y borde del cuello)	● →	□	□	□	▽		2.8	
26	52	Remallar puño	● →	□	□	□	▽		0.1	
27	52	Unir puño a la casaca	● →	□	□	□	▽		0.7	
Resumen: Cantidad			25		1	1			34.8	suma producto de tiempo y repetición
									903.9	tiempo por lote

Figura 71: DAP del proceso de confección

Tabla 11. Actividades del armado de pecho

Actividad	Gráfico
<p>Verificar la cantidad y la calidad del proceso de corte. Es una actividad que no agrega valor, pero es necesaria para confeccionar con normalidad.</p>	
<p>Armar tapa de bolsillo: Consiste en doblar la tapa de bolsillo mediante costura y unirlo con el cierre (máquina recta).</p>	
<p>Unir tapa de bolsillo y bolsa de bolsillo al cuerpo: Consiste en unir la tapa de bolsillo y la bolsa de bolsillo a la parte delantera de la casaca (máquina recta)</p>	
<p>Apertura de bolsillo: Se corta la entrada para bolsillo (manual con tijera)</p>	
<p>Pespunte de bolsillo: Pespunte le da acabado final a la prenda y a la vez es un refuerzo de costura (máquina recta)</p>	

Cerrar bolsa de bolsillo: La última actividad para tener el bolsillo armado y cerrado en el cuerpo (máquina remalladora)



En la Tabla 12 se describe las actividades relacionadas al armado de manga (8 al 13 en el DAP y sombreado rojo)

Tabla 12. Actividades del armado de manga

Actividad	Gráfico
Armado de manga (máquina remalladora)	
Pespunte de unión (máquina recta)	
Unión de hombros (máquina remalladora)	

<p>Pespunte de unión: (máquina recta)</p>	
---	--

En la Tabla 13 se presenta las actividades 14 al 17 relacionadas al armado de espalda (sombreado azul)

Tabla 13. Actividades en el armado de espalda

<p><b>Actividad</b></p>	<p><b>Gráfico</b></p>
<p>Unión de manga con hombro (máquina remalladora)</p>	
<p>Pespunte de unión (máquina recta)</p>	
<p>Unión de pecho con mangas (máquina remalladora)</p>	

Unión de espalda con mangas  
(máquina remalladora)



Pespunte de unión delante y  
detrás (máquina recta)



Unión de partes azul marino de la manga azul y blanco, es decir de todas  
las partes (máquina remalladora).



Unión de partes cuerpo



<p>Pespunte del remalle anterior</p>	
<p>Pespunte de remalle</p>	

En la Tabla14 se presentan las actividades en el armado de cuello y contrapecho

Tabla 14. Actividades de armado de cuello y contrapecho

<p><b>Actividad</b></p>	<p><b>Gráfico</b></p>
<p>Remalle del contrapecho</p>	
<p>Armar cuello con contrapecho y etiqueta</p>	

Unir cuello contrapecho y etiqueta al cuerpo	
--	--

En la Tabla 15 se presentan las actividades relacionadas a terminar la casaca

Tabla 15. Actividades finales de casaca

<b>Actividad</b>	<b>Gráfico</b>
Cerrar laterales de la casaca	
Armar pretina con su tapita de casaca	
Unir pretina y tapita a la casaca (primero máquina recta y luego remalle).	

Remallar puño.	
Unir puño a la casaca	
Pespunte final.	

En el mapeo de flujo de valor de la Figura 60 se observa 3 operarios dedicados a esta familia de producto, los cuales trabajan independientemente y no en línea de producción. El tiempo de procesamiento sería la división entre 3 de las operaciones que agregan valor  $((913.9 - 55) / 3 = 286.3$  minutos). Este tiempo es representativo para el análisis de flujo de valor, ya que en la empresa normalmente cada operario confecciona 12 o más unidades. Los 55 minutos no agregan valor y corresponden a la actividad de inspección y es actividad que no agrega valor, pero necesaria. Las actividades que no agregan y no son necesarias son:

- Anotar el pedido y explicar los detalles al costurero – 20 min.
- Solicitar material incompleto y esperar su entrega - 30 min.
- Demoras asociadas a reprocesos y fallos en la máquina que producen espera – 25 min.

Con todas las actividades involucradas al proceso de confección se presenta la Tabla 16 que resume las actividades y tiempos en el proceso.

Tabla 16. Identificación de actividades en confección.

CONFECCIÓN CASACA		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	DURACIÓN (min)
VA	26	286.3
NVA	1	55
NNVA	3	75
TOTAL		416.3

#### 4.3.3. Actividades que no agregan valor

En la Tabla 17 se resume las actividades que agregan valor (VA), las que no agregan valor, pero son necesarias (NVA) y las actividades que no agregan valor y no son necesarias (NNVA) para cada proceso analizado.

Tabla 17. Identificación de actividades por cada proceso.

PROCESO	Tiempo de actividades por lote de 26 (min)				TOTAL
	Agregan valor	No agregan valor y son necesarias	No agregan valor y no son necesarias	Otras causas	
Elaboración de molde	165	10	115	10	300
Corte	316	22.5	121.5	8	468
Confección casaca	286.3	55	75	17.1	433.4
Bordado	45	8	10		63
Acabados	78	9.75	26		113.75
<b>TOTAL</b>	<b>890.3</b>	<b>105.25</b>	<b>347.5</b>	<b>35.1</b>	<b>1378.15</b>

Visualmente se aprecia la información de la Tabla 17 en la Figura 72. El proceso cuello de botella es el de corte con tiempo de ciclo de 468 minutos, donde se tiene 316 minutos de actividades que agregan valor, 22.5 minutos de actividades que no agregan valor pero que son necesarias y 121.5 minutos de actividades que no agregan valor y no son necesarias. Con el proceso de corte como marcapaso de producción, se tiene la capacidad de producción de 33.3 buzos o 667 buzos mensuales. Por último, es preciso indicar que las otras causas señaladas en la Tabla 17 corresponde por ejemplo a la variación entre modelos de buzo sin forro. De la Figura 72 se puede visualizar el área verde como actividades no necesarias a eliminar en cada proceso.

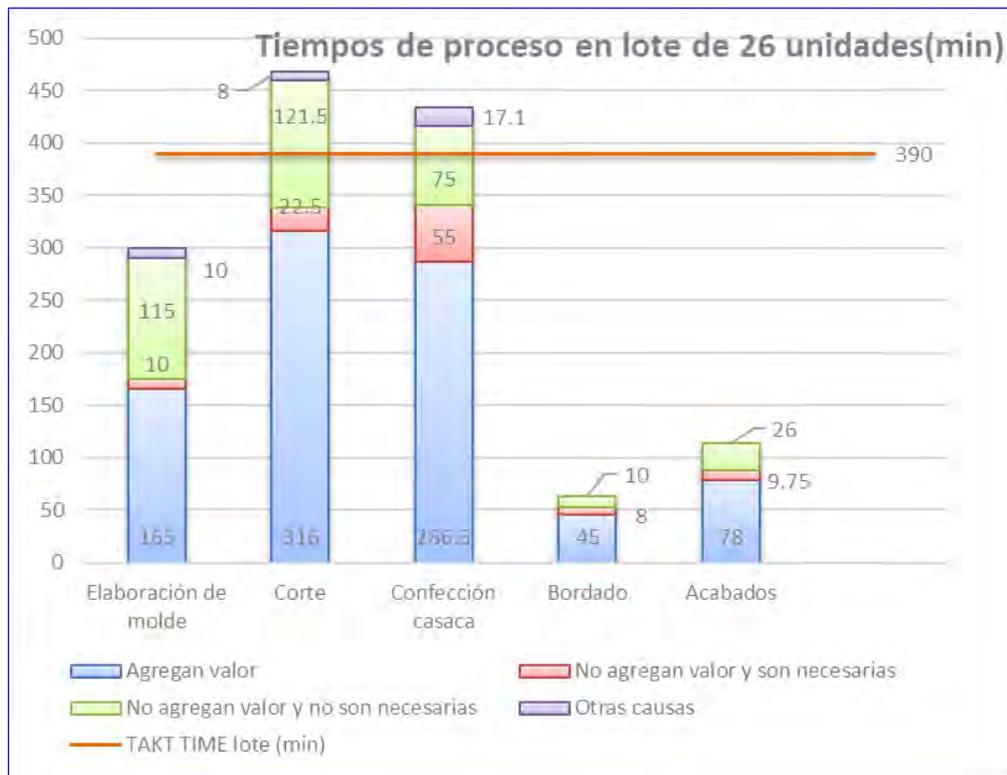


Figura 72: Tiempos de procesos según tipo de actividad

#### 4.4. Identificación de desperdicios

En la Figura 72 (color verde) se visualizó la existencia de actividades que no agregan valor y no son necesarias, es decir, el desperdicio. Tal desperdicio está presente en todos los procesos de producción. Por tanto, se identificará visualmente los 7 desperdicios del TPS en los planos de planta para, posteriormente, identificar su impacto en el proceso de producción y asociarlos al tiempo de actividades descritos inicialmente (color verde).

Se presentan las Figuras 73, 74 y 75 para visualizar la identificación de desperdicios según la definición de los mismos en el acápite 1.1.2. (los 7 desperdicios de manufactura esbelta). Se sugiere visualizar el acápite 3.4.3 Infraestructura y maquinaria para referencias la ubicación de los inmuebles y su distribución interna. Visualmente se aprecia que el desperdicio más frecuente es el de inventarios: materia prima, materiales auxiliares, productos en proceso y mermas. Está presente en todos los talleres de la empresa. El segundo desperdicio con mayor ocurrencia es el de tiempo de espera que ocurre con los operarios de confección cuando terminan de confeccionar un lote de producción y tienen que esperar un tiempo considerable para empezar un nuevo lote de producción. El tercer desperdicio de mayor ocurrencia es el de transporte, el cual está relacionado al anterior porque para trasladar los cortes hasta cada taller se requiere de al menos 20 minutos.

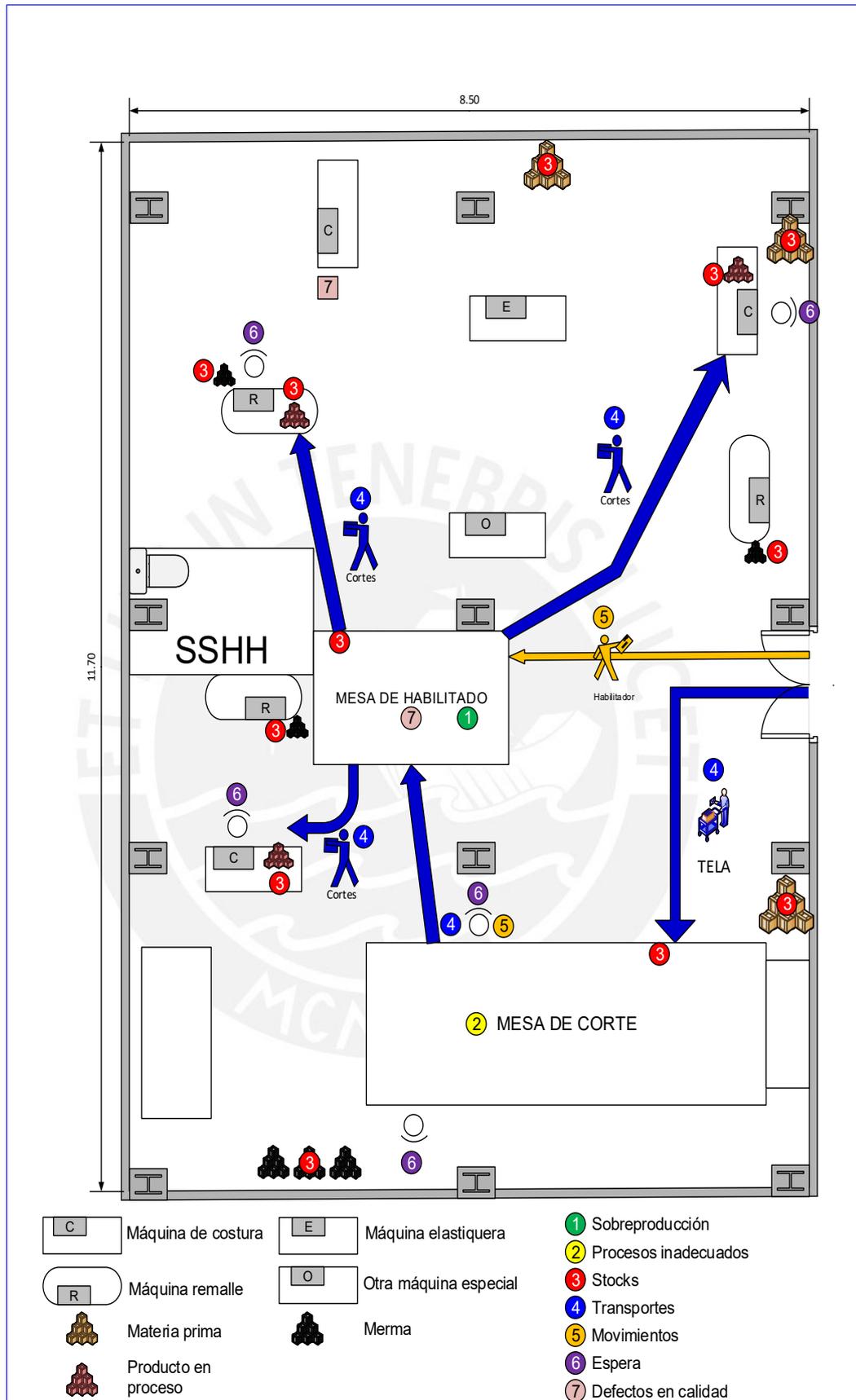


Figura 73: Identificación de desperdicios en el taller del local 1

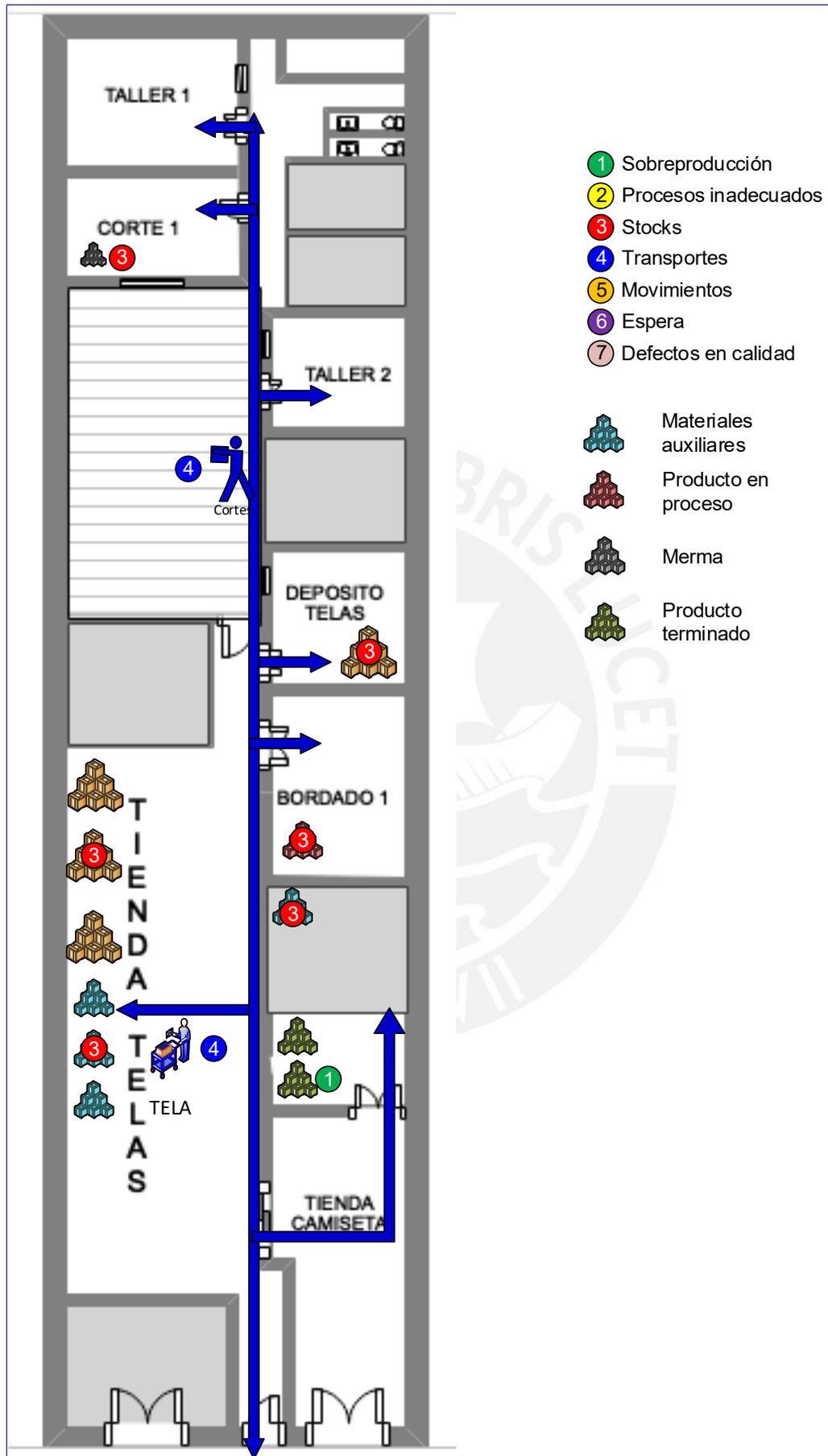


Figura 74: Identificación de desperdicios en el local 2

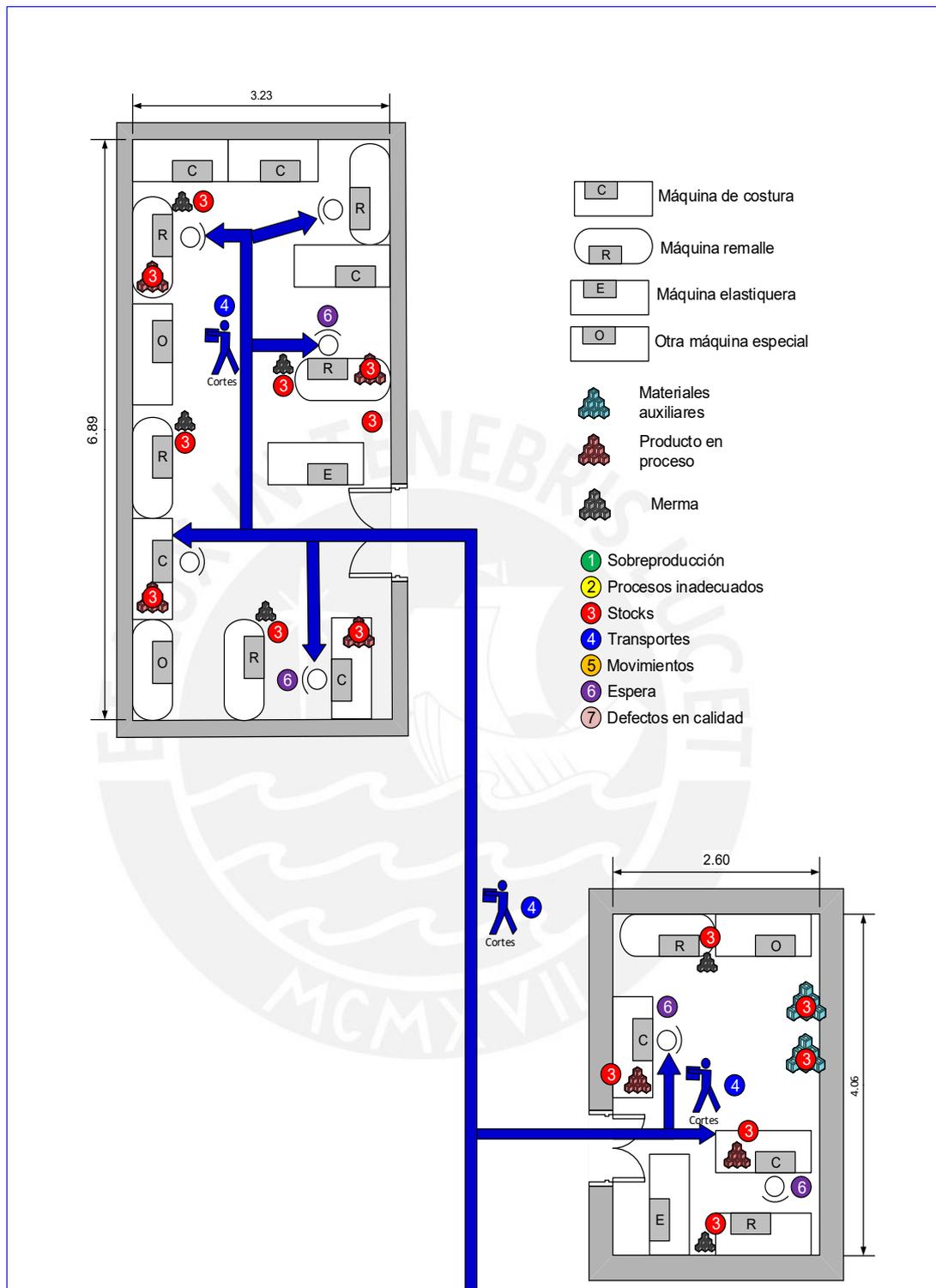


Figura 75: Identificación de desperdicios en los talleres del local 2

Luego de visualizar e identificar los desperdicios en la planta, se procede a describir los principales hallazgos respecto a la familia de productos, materia de estudio, en la Tabla 18.

Tabla 18. Desperdicios asociados a la familia buzo sin forro

Proceso	Desperdicio	ID	Duración
Elaboración de molde	Transporte	T1	10 min - Traslado
	Inventario	I1	115 min - Materia prima que no es trasladada desde almacén
Corte	Proceso inadecuado	PI	45 min – Pre-trazado
	Transporte	T2	3 min - Traslado
	Sobreproducción	S	23.5 min - Se genera para poder abastecer a confección correctamente (desbalance de producción)
	Espera	E1	50 min - Se genera en el traspaso y asignación de prendas cortadas a confección
	Transporte	T3	25 min - Traslado desde corte a confección
Confección	Espera	E2	30 min – Petición y reclamo de materiales faltantes
	Inventario	I2	20 min – Explicar pedido y modelo a confeccionar
	Defecto/Reproceso	D	25 min – Reprocesos por falla en corte y falla de máquina
	Transporte	T4	15 min - Traslado desde confección a bordado
Bordado	Inventario	I3	5 min - Solicitar materiales
	Espera	E3	5 min - Esperar entrega
	Transporte	T5	10 min - Traslado de bordado a acabado
Acabado	Espera	E4	26 min - Buscando accesorios
Total de desperdicio identificado			407.5

Agrupando los desperdicios por su clasificación se tiene la Tabla 19

Tabla 19. Desperdicios observados, según su clasificación.

Categoría	Cantidad (min)	%	% Acumulado
Inventario	140	34.4%	34.4%
Espera	111	27.2%	61.6%
Transporte	63	15.5%	77.1%
Proceso inadecuado	45	11.0%	88.1%
Defectos/Reprocesos	25	6.1%	94.2%
Sobreproducción	23.5	5.8%	100.0%
	407.5	100.0%	

De la Tabla 19 se puede concluir que los desperdicios más importantes a atacar en el proceso productivo son los inventarios, esperas y transportes. Además, se debe indicar que los desperdicios de proceso inadecuado, sobreproducción y reprocesos están asociados al proceso de corte.

#### 4.5. Los 5 por qué

La herramienta de los 5 por qué permitirá obtener la causa raíz de los desperdicios identificados en la Tabla 18. Ver Figura 76 y 77.

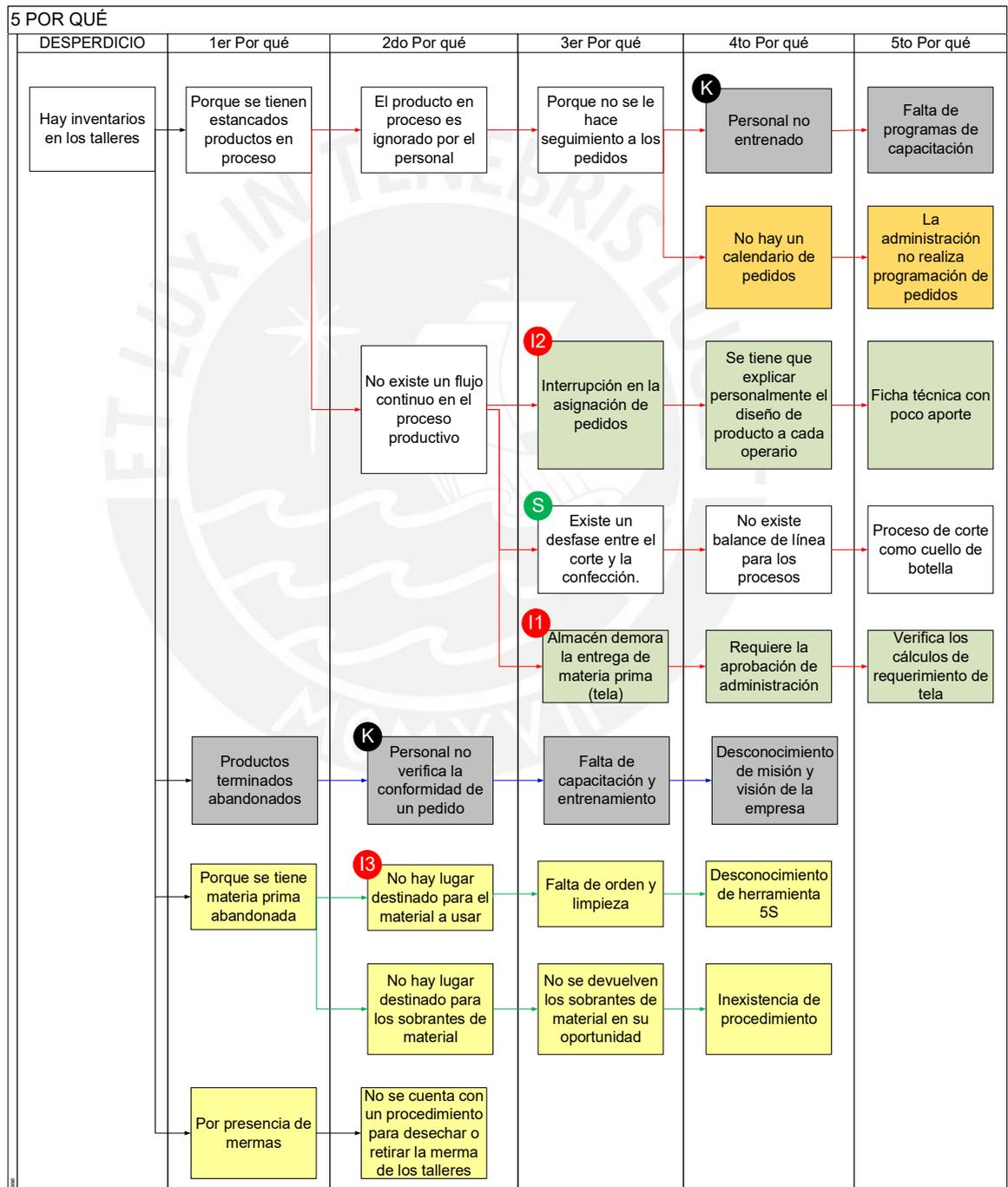


Figura 76: Los 5 por qué aplicado al desperdicio inventario

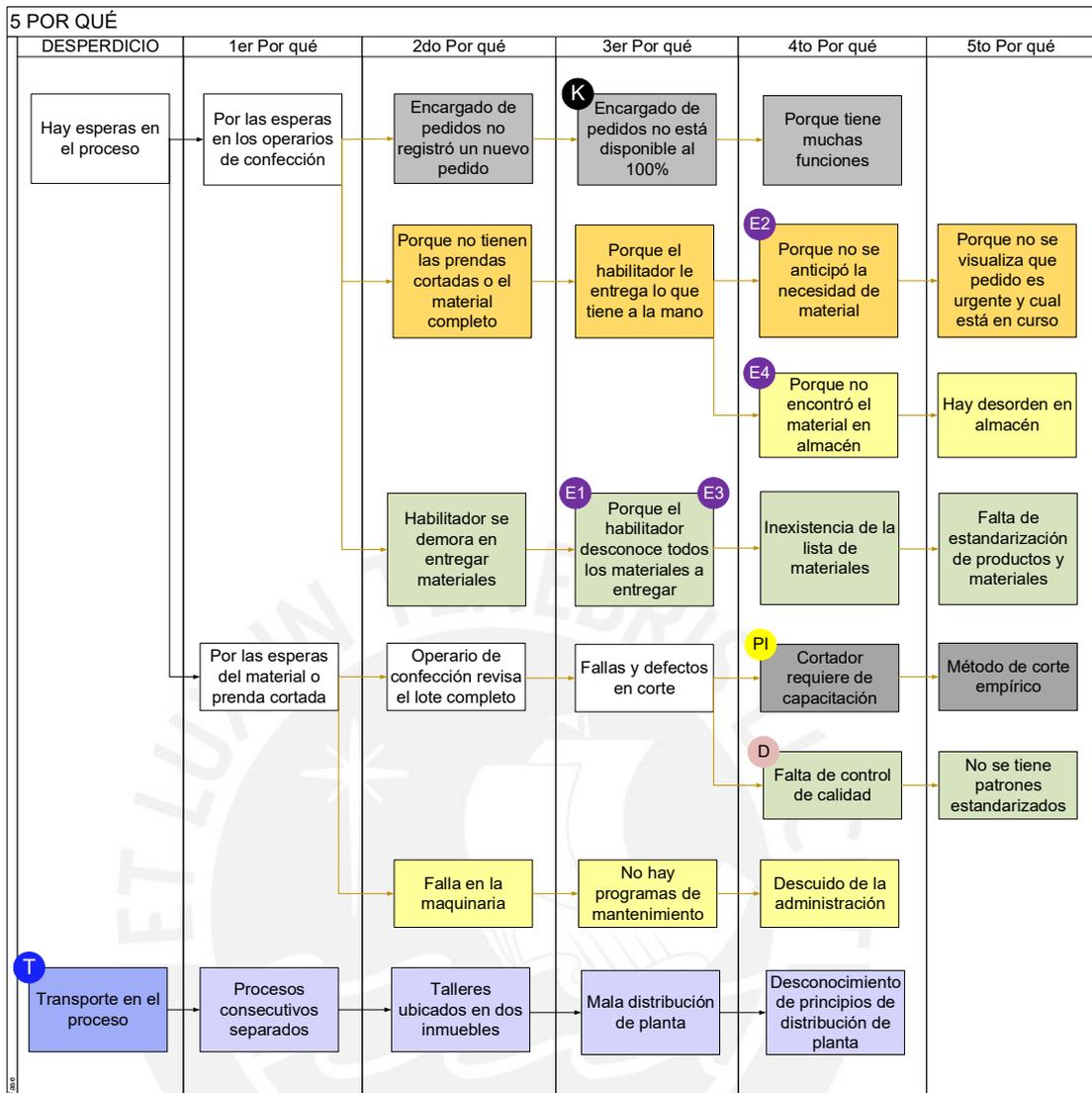


Figura 77: Los 5 por qué aplicado al desperdicio espera y transporte

El análisis de los 5 por qué permitió descubrir la causa raíz de los principales desperdicios y permitió exponer otros problemas relacionados a cada desperdicio. Las Figuras 71 y 72 son el resultado final del análisis ya que se pasó por un proceso de preguntas y repreguntas. El símbolo en la parte superior izquierda está asociado a los desperdicios identificados en la Tabla 18. Los colores de cada causa-raíz están acorde a la Tabla 20 que propone la herramienta de propuesta de mejora.

Con los desperdicios identificados y las causas raíz expuestas se procede a proponer herramientas que den solución al problema o que mejoren los tiempos en la cadena de valor actual. Las propuestas consideradas se exponen en la Tabla 20.

Tabla 20. Propuesta de herramientas para la mejora de procesos.

<b>PROBLEMA - CAUSA RAÍZ</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>ÁREA</b>
Materia prima abandonada - Falta de orden	5S'S - clasificar y ordenar	Taller - Corte
No hay lugar destinado para sobrantes de material - Inexistencia de procedimiento	5S'S - limpieza y estandarización	Taller - Corte
Presencia de mermas - Inexistencia de procedimientos	5S'S - limpieza y estandarización	Taller - Corte y confección
Habilitador entrega el material que tiene en stock - Hay desorden en almacén	5S'S - clasificar y ordenar	Almacenes
Falla en la maquinaria de confección - Falta de programas de mantenimiento	5S'S - limpieza y estandarización	Taller - Confección
Interrupción en la asignación de pedidos - Ficha técnica con poco aporte	Estandarización - Hoja de recepción de pedido	Taller - Corte y confección
Habilitador se demora en entregar materiales - Falta de estandarización de productos y materiales	Estandarización - lista de materiales	Taller - Confección
Falta de control de calidad - No tiene patrones estandarizados	Estandarización - implementar patrones	Taller - Corte y confección
Almacén demora la entrega de materia prima	Estandarización - Cuadro de consumo de material	Almacén y Taller - Corte
No se realiza seguimiento a los pedidos - personal no entrenado	Kaizen - sistema de sugerencia	Taller - Corte y confección
Personal no verifica la conformidad de un pedido - Desconocimiento de misión y visión	Kaizen estratégico	Todos
Encargado de pedidos no registra nuevos pedidos - Tiene muchas funciones	Kaizen - sistema de apoyo	Área administrativa
Fallas y defectos en corte - El método es empírico	Kaizen - operativo	Taller - Corte
Transporte en el proceso - Desconocimiento de principios de distribución de planta	Kaizen - aplicado a instalaciones	Taller - Corte y confección
No hay un calendario de pedidos - No se visualiza el avance de pedidos y su fecha de entrega	Programación - diagrama de gant	Área administrativa
No se tiene el material completo antes de la confección - La administración no realiza programación de pedidos	Programación - secuenciamiento	Área administrativa
Desfase entre corte y confección - Proceso de corte como cuello de botella	Heijunka - balance de línea	Taller - Corte

## Capítulo V: PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente capítulo se desarrollará las propuestas de mejora según las herramientas señaladas en el capítulo anterior. Las herramientas contempladas en este proyecto están detalladas en la Tabla 20 y son 5S's, Estandarización y Kaizen para toda la empresa. Adicionalmente se propone desarrollar programación de operaciones (Gantt y secuenciamiento) y heijunka a situaciones particulares que solucionarían desperdicios y problemas puntuales.

El principal desperdicio identificado en el proceso de elaboración de buzos sin forro es el inventario con 140 minutos. Este tiempo se asocia a no tener las cosas en su lugar y por ende las personas no se percatan si hay inventarios de producto en proceso esperando a ser procesado. Este desperdicio sucede previo a entregar tela a corte y previo a entregar las prendas cortadas a confección.

El segundo desperdicio identificado es el de espera con 111 minutos. Este tiempo se asocia a la incorrecta búsqueda de materiales y demora que genera a las personas que requieren los materiales, por ejemplo, al proceso de corte se retrasa por la demora en la entrega de tela por falta de material y por la necesidad de aprobar la solicitud de material. El proceso de confección se retrasa por la entrega de materiales complementarios como hilos, cierres, etiquetas y otros.

El tercer desperdicio es el de transporte con 63 minutos en el flujo de producción de buzos sin forro. Los transportes más importantes son el traslado de tela desde almacén hacia el taller de corte y el retorno de la prenda cortada hacia el taller de confección más alejado. El tiempo de transporte se debe a que podría caerse alguna prenda o algún corte de prenda y agravaría la situación.

### 5.1. Implementación de las 5S'S

Como herramienta fundamental del sistema de producción esbelto se debe implementar orden y limpieza en toda la empresa. La primera herramienta 5S'S buscará eliminar los inventarios incorrectos y tener cada cosa en su lugar. Luego de que se tenga cada cosa en su lugar, en la cantidad necesaria y solo lo que es necesario, se podrá desarrollar otras herramientas de manufactura esbelta.

La implementación de las 5S's debe ser integral: talleres de corte y confección, almacenes, bordado, acabado, área comercial y administrativa. La propuesta de incluir todas las áreas corresponde a las recomendaciones dadas por el autor Hirano quién escribe que una correcta implementación de las 5S debe provenir desde la gerencia hacia todas las áreas.

### 5.1.1. Objetivo

La propuesta de las 5S tiene como finalidad:

- Reducir el tiempo innecesario en la búsqueda de materiales: hilo, cierre, broches, etc. En el área de acabados (26 min)
- Reducir el tiempo de búsqueda de material en el área de bordado (5 min).
- Liberar espacio útil en almacén, talleres de confección, área comercial y administrativa.
- Facilitar el control visual de materiales y herramientas en almacén, taller de confección y área administrativa.

### 5.1.2. Primera S (Seiri): Clasificar

En primer lugar, se identificará los bienes necesarios en cada área con las personas que trabajan día a día. En la Tabla 21 se describe lo necesario para cada área, la lista deberá ser validada por los usuarios y modificada si faltase algún objeto.

Organizar o separar lo necesario de lo innecesario se realizará a través de la colocación de tarjetas rojas en los equipos, herramientas, patrones y materiales necesarios para cada área.

Tabla 21. Lista de materiales requeridos por área

AREA	OBJETO NECESARIO	AREA	OBJETO NECESARIO
ÁREA: TIENDAS Proceso: Diseño de prenda y firma de contrato	Lapiceros	ÁREA: TALLER DE COSTURA Proceso: Confección	Máquinas de coser
	Bolsas		Silla
	Tarjetas de presentación		Tijera
	Catalogos		Tiza
	Maniquis		Piquetera
	Estantes	ÁREA: BORDADO O Proceso: Bordado	Máquina bordadora
	Mercadería		Computadora
	Escritorio		Bastidores
	Computadora		Mesa de trabajo
	Boletas		Juego de tijeras
Facturas	Caja de herramientas		
Proformas	Cuchillo para tela pelón		
ÁREA: ALMACÉN	Estante	ÁREA: ACABADO O Proceso: Acabado y empaquetado	Piquetera
	Cuadernos de control		Sticker de precios
Lapiceros	Bolsas		
ÁREA: TALLER DE CORTE Proceso: Elaboración de molde	Lápices		Ojalera
	Juego de reglas francesas		Plancha
	Cinta métrica de 1.5 m		Mesa de trabajo
	Tijeras		Broches
	Lápices de color		
	Mesa de diseño		
	Papelotes A1		
	Molde base		
Tachos de basura			
ÁREA: TALLER DE CORTE Proceso: Corte	Tijera		
	Pesas de fierro		
	Cortadora industrial		
	Cortadora pequeña		
	Mesa de trabajo		
	Regla metálica		
	Tiza		
	Guantes metálico		

Con los bienes identificados como necesarios, se procederá a usar las tarjetas rojas sobre los objetos innecesarios en cada área, es decir, todos aquellos que no estén en la lista de la Tabla 21. Las tarjetas permanecerán una semana, para que cada persona pueda notar la importancia de retirar el objeto. En la Figura 78 se muestra la tarjeta roja diseñada para la empresa.

AREA :			
Producto:	Código:	Número	
Descripción			
Cantidad:	Unidad:	Precio:	
CATEGORÍA			
Materia prima o materiales		Producto de oficina	
Productos terminados		Plantillas y herramientas	
Maquinaria y Equipos		Otros .....	
MOTIVO DE DISPOSICIÓN			
Obsoleto		Innecesario	
Defectuoso		Excedente	
Mermas o desecho		Otro .....	
MODO DE DISPOSICIÓN			
Llenado por			
Lugar de traslado			
Método de disposición			
Fecha tarjeta:	Fecha disposición:		

Figura 78: Tarjeta roja propuesta

Para separar lo innecesario se dispondrá de dos locales. El primer local albergará a objetos usados con poca frecuencia, los cuales permanecerán almacenados hasta que se les requiera. El segundo local guardará los objetos hasta su disposición final, ya sea por desecho o por venta. Solo el primer local estará ubicado en la empresa, el segundo local está a 100 metros de los locales de la empresa.

### 5.1.3. Segunda S (Seiton): Ordenar

Para el correcto orden es importante ubicar el objeto en un lugar visible, adecuado y que facilite el trabajo de las personas del área. Tal ubicación debe ser conocida por todos y al mismo tiempo debe estar señalada con letreros de descripción de producto y letreros que indiquen su cantidad mínima y máxima. Por ejemplo, la Tabla 22 muestra una adecuada ubicación de materiales complementarios que facilitan la búsqueda de productos y disminuyen el tiempo de búsqueda. En la situación propuesta la tela está ubicada en el casillero que le corresponde con letreros que indican su ubicación.

El proceso completo para la implementación de las primeras dos S (clasificar y ordenar) se presenta en el flujo de proceso de Orden y Limpieza de la Figura 79.

Tabla 22. Orden propuesto para almacén

ACTUAL	PROPUESTO
	

Resultado de clasificar y ordenar (primera y segunda S) se debe tener una situación similar al de la Tabla 23, donde los hilos inicialmente están esparcidos en el almacén y se propone ubicarlos en un anaquel específico para ellos con la identificación de color y código en cada producto. Es preciso mencionar que para la propuesta se hizo una demostración de lo que sería las 5S's aplicadas.

Tabla 23. Resultado de las dos primeras S.

ACTUAL	PROPUESTO
	

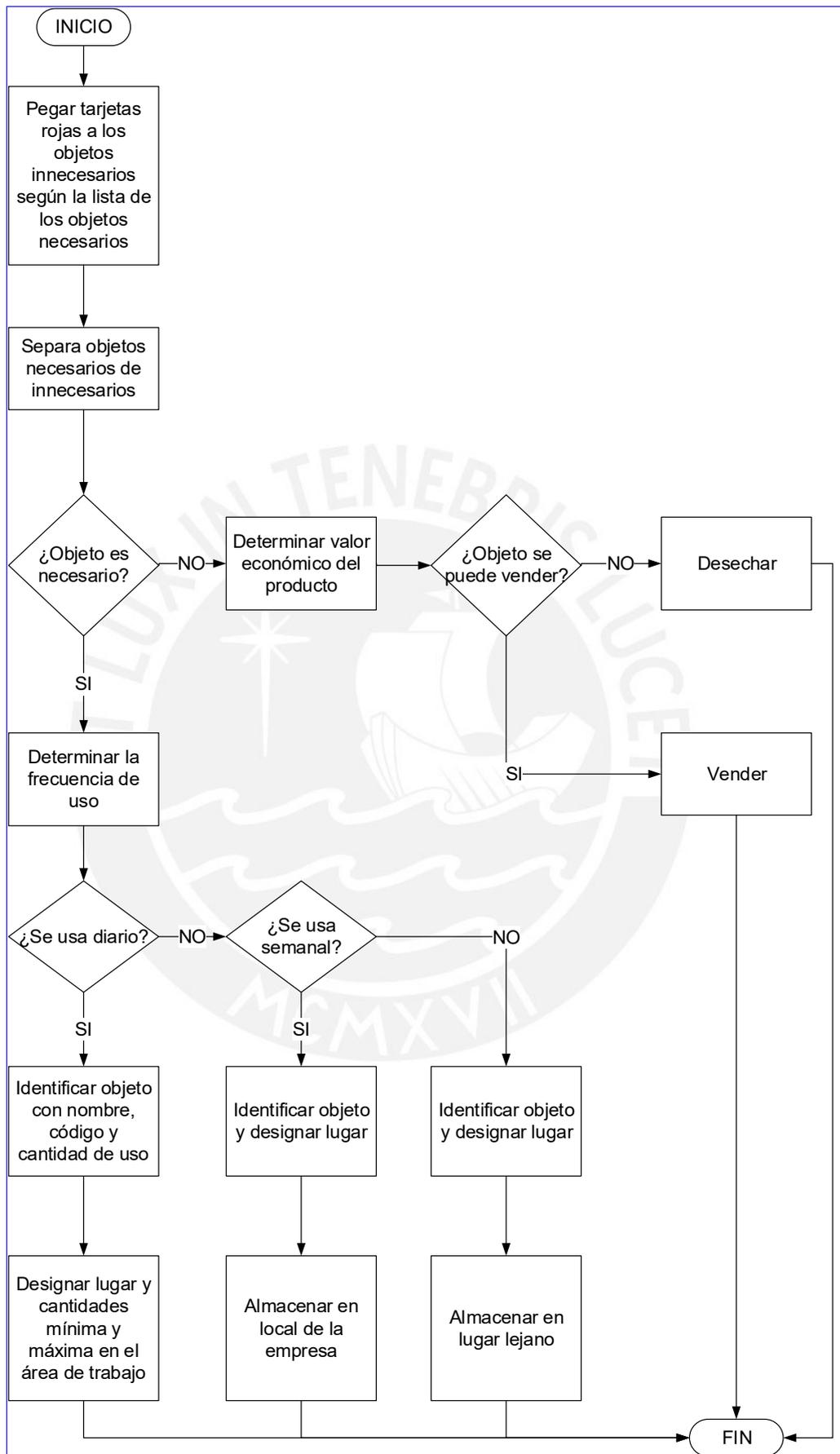


Figura 79: Proceso de implementación de clasificar y ordenar

#### 5.1.4. Tercera S (Seiso): Limpiar

Se implementará un horario para la limpieza de cada puesto de trabajo por un lapso de 15 minutos al medio día y antes de terminar la jornada.

Para mantener la limpieza en las diferentes áreas se recomienda lo siguiente:

- En el área de corte es importante retirar las mermas de corte (retazos de tela) después de cada lote trabajado, para mantener el lugar limpio y sin desechos.
- En el área de costura se debe tener un tacho para retazos al costado de cada máquina remalladora,
- En el área de bordado, limpiar constantemente los hilos que quedan como residuo en el proceso
- En el área de acabado, limpiar los residuos de tela, hilo y otros producidos en el proceso después de cada lote trabajado.

#### 5.1.5. Cuarta S (Seiketsu): Estandarizar

Al terminar la propuesta de las 3 primeras S, es importante proponer un control de implementación en cada área mediante una lista de verificación. Para tal efecto se propone la lista de verificación de la Figura 80.

SEIRI	Puntaje		
	[0% - 50%]	[50% - 75%]	[75% - 100%]
Presencia de objetos innecesarios en taller de corte			
Presencia de objetos innecesarios en taller de confección			
Presencia de objetos innecesarios en área de bordado			
Presencia de objetos innecesarios en área de acabado			
Presencia de objetos innecesarios en área comercial y administración			
Presencia de merma acumulada en taller de corte			
Presencia de merma acumulada en taller de confección			
Desechos acumulados en área de acabado			
<b>Puntaje total</b>			
<b>SEITON</b>			
Elementos de trabajo ordenados en talleres de corte			
Elementos de trabajo ordenados en talleres de confección			
Elementos de trabajo ordenados en área de bordado			
Elementos de trabajo ordenados en área de acabado			
Elementos ordenados en área administrativa y comercial			
Elementos de almacén ubicados en su lugar designado			
Tela ubicada por color y en su casillero			
El tiempo de búsqueda de materiales se ha reducido			
Conos de hilo separados por código de color			
<b>Puntaje total</b>			
<b>SEISO</b>			
Talleres de corte respeta horario de limpieza			
Talleres de confección respetan horario de limpieza			
Área de bordado respeta horario de limpieza			
Área de acabados respeta horario de limpieza			
Presencia de basura en los pasillos			
El operario conoce el estado y funcionamiento de su máquina			
<b>Puntaje total</b>			

Figura 80: Lista de verificación de las tres primeras S

El control debe ser semanal y llevado a cabo por el equipo de implementación, la inspección a realizar garantizará la estandarización de las 5S's en la empresa. Dentro de la inspección se debe incluir verificar el estado de las máquinas para anticipar posibles fallos y garantizar su normal funcionamiento.

Por último, la empresa no tiene avisos de zonas de trabajo, zona segura, procedimientos de acción ante posibles contingencias como sismos, inundaciones o incendio debido a que el personal trabaja en base a su experiencia. Por tanto, es necesario implementar carteles de trabajo que difundan el orden, la limpieza e indiquen las rutas de evacuación. La estandarización del producto y proceso se desarrollará en el acápite 5.2.

#### 5.1.6. Quinta S (Shitsuke): Disciplina

Para lograr la disciplina y garantizar el éxito de la implementación de las 5 S's es fundamental que todas las personas involucradas conozcan el objetivo y los beneficios del proyecto. Para ello se realizará un programa de capacitación sobre seguridad, orden, limpieza y los beneficios que se obtendrán con una correcta implementación.

Para complementar la disciplina es necesario realizar evaluaciones objetivas del avance de implementación. Tal tarea será llevada a cabo por un especialista externo con dos visitas (en la semana 8 y 12 de iniciado el proyecto). El especialista evaluará la implementación y realizará la retroalimentación respectiva tanto del control visual de la distribución física como del manejo documentario.

#### 5.1.7. Cronograma de implementación

Por recomendación de diversos expertos, la implementación de las 5s debería hacerse en un plazo de 3 meses. Se propone el cronograma de la Figura 81.

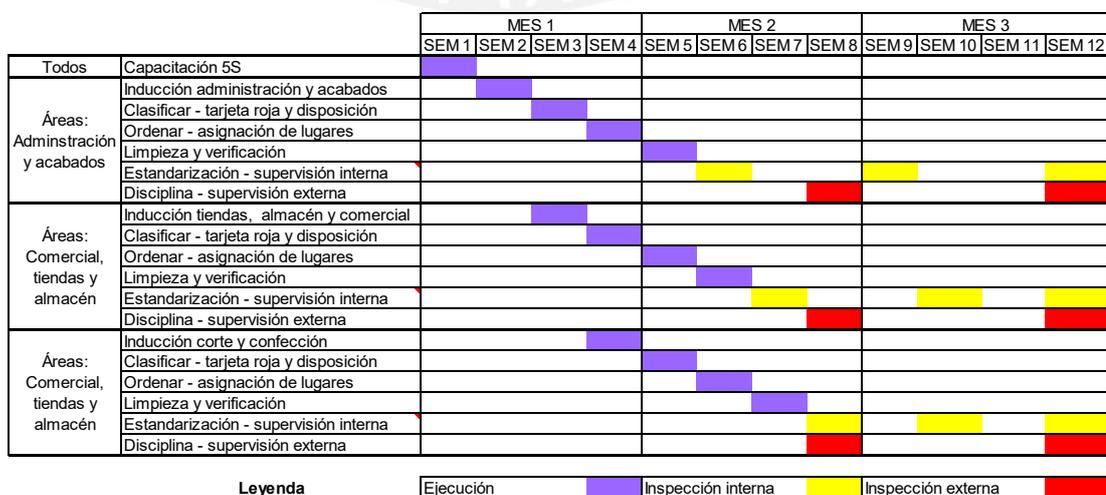


Figura 81: Cronograma de implementación de las 5S's

## 5.2. Estandarización de productos, materiales y patrones

La propuesta de estandarización está enfocada al área de corte, ya que es cuello de botella y punto crítico en el desarrollo de producto.

### 5.2.1. Objetivo

La propuesta de estandarización tiene como finalidad:

- Reducir el tiempo innecesario por reprocesar prendas defectuosas (25 min actuales).
- Reducir el tiempo de espera que se produce en el traspaso de las prendas cortadas a confección (50 min actuales).
- Reducir el tiempo innecesario del pre-trazado (45 min actuales).
- Reducir el tiempo en explicar los detalles del pedido y del modelo a confeccionar (20 min actuales)
- Reducir el tiempo de espera que se produce en la entrega de tela (115 min)
- Permitir el control de calidad en base a medidas estándares.
- Facilitar el control visual de patrones, medidas y moldes en el área de corte.

En el presente trabajo se propone un estándar para el área de corte tanto en producto como en proceso.

### 5.2.2. Hoja técnica para corte

El primer paso de la estandarización de producto es establecer la medida de las tallas para los patrones de molde, la situación actual no dispone de medidas estandarizadas. Cuando se le consultó al cortador sobre sus moldes, él informó que las medidas fueron resultado de ajustes a pedido de los clientes y el área comercial. De hecho, en muchos casos los clientes dejan una prenda patrón sobre la que se trabaja. Se puede afirmar que las medidas fueron el resultado de prueba y error según los gustos del cliente. Se propone empezar a estandarizar las tallas, según la Figura 82. La estandarización de medida de los patrones y prendas permitirán realizar un adecuado control de calidad de las prendas cortadas y disminuirá el número de piezas defectuosas que afecta al área de confección. En las entrevistas con el personal de confección indicaron que especialmente se presenta fallas en la sisa de una prenda (medida 6 en la Figura 82). Un reproceso de este tipo retrasa el proceso de confección en 26.2 minutos.

Adicionalmente, los moldes guía permiten verificar la prenda cortada por el mismo cortador, habilitador y si fuese el caso por la administración. También se puede decir que abre el camino a mejoras posteriores en cuanto a calidad del producto.

MODELO DE HOJA TÉCNICA			
MODELO	CASACA MANGA RAGLÁN	TELA PRINCIPAL	POLIALGODÓN
GÉNERO		TALLAS	S, M, L, XL
COMPOSICIÓN		FECHA	

Cuadro de medida en pulgadas					
N°	DESCRIPCIÓN	TALLAS			
		S	M	L	XL
1	Torax bajo sisa	22 1/4	24 1/4	25 1/4	26 1/4
2	Largo desde HPS	25 3/4	26 3/4	28 3/4	29 3/4
3	Ancho de faldon	22 1/4	22 1/4	24 1/4	25 1/4
4	Largo de manga	27 3/4	28 1/2	30 1/4	31
5	Ancho de manga punta	3 1/2	3 1/2	4 1/4	4 1/4
6	Sisa linea recta delantero	12	13 1/4	13 1/2	13 3/4
7	Sisa linea recta espalda	13	14 1/4	14 1/2	14 3/4

Figura 82: Tallas propuestas

### 5.2.3. Hoja de orden de pedido

El segundo paso es mejorar la hoja de orden de pedido actual, ver Figura 83. La orden de pedido se emplea en las tiendas para anotar el pedido del cliente y las características del pedido. La hoja actual contiene campos poco utilizados y requiere de otros más necesarios; por ejemplo, requiere de un campo específico para tallas que sea para marcar e indicar cantidades, puesto que cada pedido tiene diferentes tallas. Por otro lado, un campo innecesario es el “Detalle combinado” ya que, en el talonario revisado, siempre se encontró vacío.

Recepcionado por: 15/11/19  
Fecha Recepción: 26/11/19  
Fecha Entrega: PRON

15 BUZOS COSACOS

Modelo: foto  
Tallas: M=14 L=1

Tela: WAZON Color: Azul M. / Azulino VENA BLANCO

Adulto (X) Escolar ( )  
Tipo Manga ( ) Rangla ( ) Clasico ( )  
Doble Cara ( ) Una Cara ( )  
Forro Polar Color Azul M. Tapa Cierre  
Logo Tamaño estandar

Logo Bordado ( ) Espalda ( ) Pecho ( ) Marca ( )  
Observaciones: el MODELO DE ESPONDA DE IGUAL MANERA CON VENA BLANCO

Corte: EUGENIO 26-11-19  
Confección: Est. ó Subl.

PANTALONES

Modelo:  
Tallas:  
Tela: Color:  
Adulto ( ) Escolar ( )  
Forro:  
Detalle Combinado:  
Bordados:  
Observaciones:

Corte: Est. ó Subl. Confección:  
Chalecos:

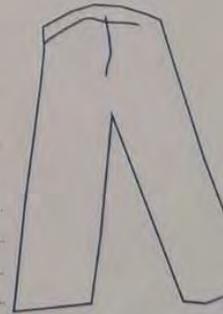



Figura 83: Hoja técnica actual del producto

Se propone una nueva hoja de recepción de pedido que se pueda llenar en formato Excel y puede ser impresa. La propuesta de la hoja Excel deberá ser validada por el área comercial para su aprobación y puesta en marcha. Adicionalmente se le tomará foto al diseño del cliente (si es de revista o prenda física) y se incluirá al archivo Excel. El formato en digital permite hacer cambios con facilidad, cosa que no es posible con lapicero y papel; se evitaría borrones y correcciones que dificultan la trasmisión de información entre área de ventas y producción. La propuesta se visualiza en la Figura 84. Con este cambio se estaría buscando reducir el tiempo en explicar las características del pedido y el modelo de prenda (20 min actuales) al confeccionista. Finalmente, el inicio de digitalizar la orden de producción abre paso a nuevas oportunidades de mejora como son la implementación de sistemas ERP, implementación de un banco de datos y análisis de datos.

PEDIDO NRO: <u>873</u>			
RECEPCIONADOR POR:	<u>JUAN CARLOS</u>		
FECHA DE RECEPCIÓN:	<u>22/12/2019</u>		
FECHA DE ENTREGA:	<u>30/12/2019</u>		
PRODUCTO:	CHALECO ▼		
MODELO:	REVISTA ▼		
TELA:	TAFETA ▼	COLOR:	NEGRO ▼
TALLAS:	▼		
CLIENTE ES:	<input type="checkbox"/> ADULTO <input type="checkbox"/> ESCOLAR	TIPO DE MANGA:	<input type="checkbox"/> RANGLA <input type="checkbox"/> CLASICO (recto)
USO:	<input checked="" type="checkbox"/> Doble cara <input checked="" type="checkbox"/> UNA CARA	Tapa Cierre	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Forro	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Color:	NEGRO ▼
	<input checked="" type="checkbox"/> BORDADO <input type="checkbox"/> ESTAMPADO <input type="checkbox"/> SUBLIMADO <input type="checkbox"/> TRANSFER		
Logo Tamaño	_____		
Logo Bordado	▼	ahí indicar, donde se lleva el logo	
Observación	▼		
Corte:	_____	Persona	_____
Confección:	_____	Est o Subl	Persona

Figura 84: Propuesta de hoja de recepción de pedido

#### 5.2.4. Lista de materiales

El tercer paso, es establecer la lista de materiales. Ver Figura 85. La lista de materiales disminuirá el tiempo de espera por petición de materiales, puesto que el habilitador alistará los materiales desde que se recibe la orden de producción. Actualmente sucede que el habilitador se da cuenta que falta algún material cuando está entregando los materiales al operario de confección. Por ello, el operario de confección debe esperar 20 min adicionales entre la búsqueda o compra del material.

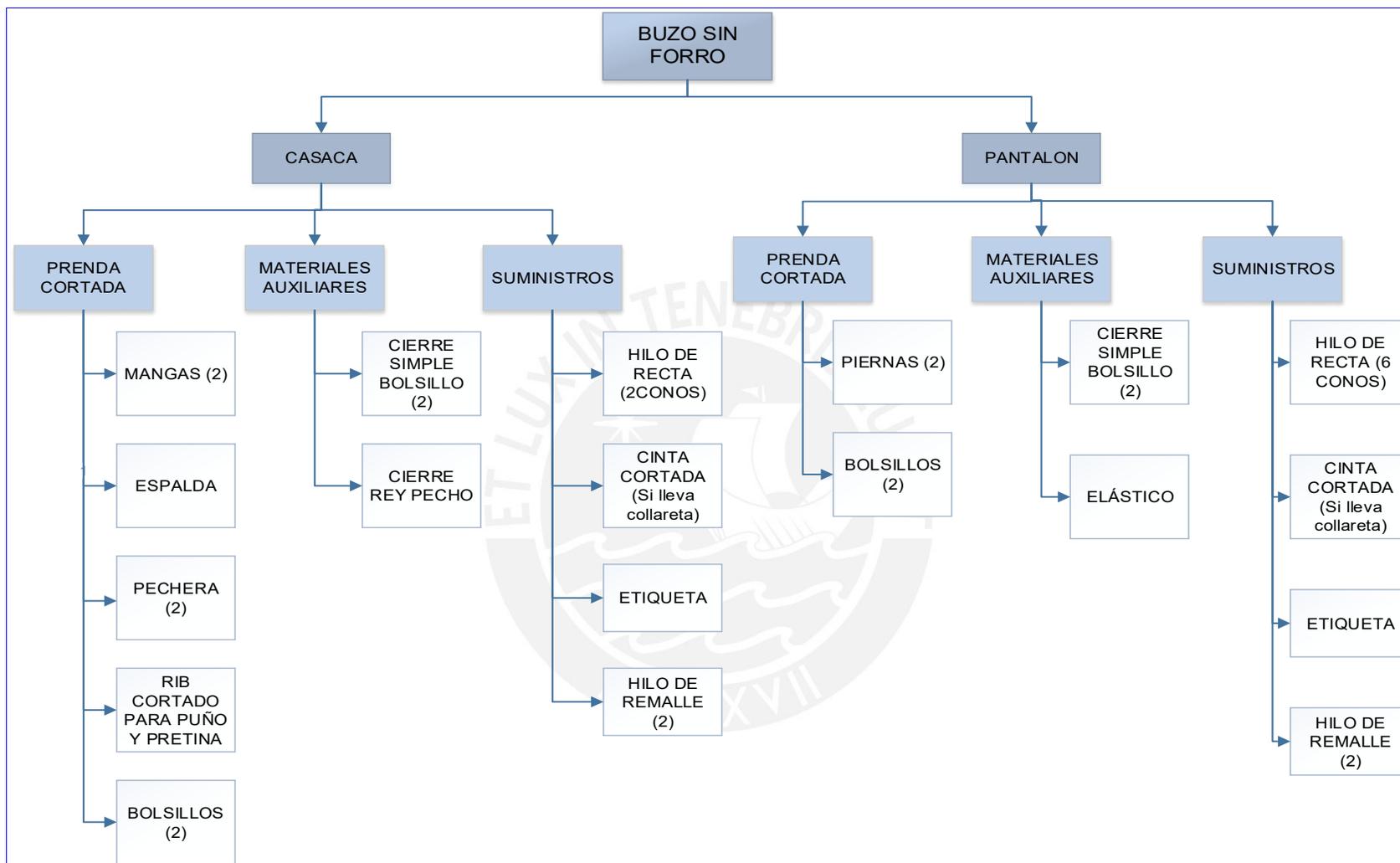


Figura 85: Lista de materiales de buzo sin forro

### 5.2.5. Estandarizar el proceso

Luego de estandarizar el producto debe estandarizarse el proceso de corte, para tal fin se presenta el DOP actual (ver Figura 86). Vale mencionar que actualmente no tienen DOPs elaborados y el presentado en la Figura 86 es una propuesta para la empresa.

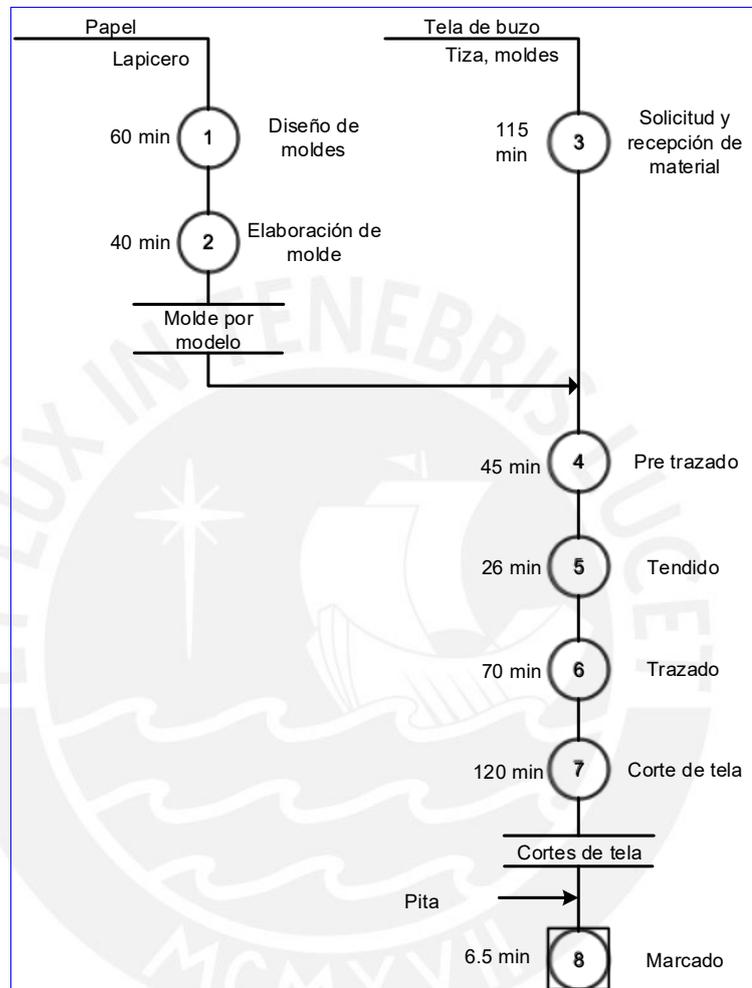


Figura 86: DOP de elaboración de molde

La propuesta es describir la secuencia de operaciones de los procesos de elaboración de molde y corte. Debe observarse que la operación 3 "solicitud y recepción de material" tiene una duración de 115 minutos. El motivo de la excesiva duración es que requiere la aprobación del consumo de material de la administradora, la cual desempeña diversas funciones y no atiende con la rapidez la solicitud. Por tal motivo se propone establecer unas Tablas de consumo de material para que almacén despache la tela si el consumo se encuentra en un rango de más menos 0.2 metros. Ver la Tabla 24.

Con la propuesta del cuadro de consumo de material se pretende disminuir el tiempo de solicitud de material a 60 minutos.

Tabla 24. Consumo de tela promedio por talla

TALLA	TELA MATERIAL (metros)				
	Poli algodón	Tafeta	Walón	Forro (polar)	Forro pantalon
T=4	1.5	1.6	1.6		
T=6	1.6	1.7	1.7		
T=8	1.7	1.8	1.8		
T=10	1.8	1.9	1.9		
T=12	1.9	2	2	1.15	1
T=14	2.1	2.3	2.3	1.15	1
T=16	2.2	2.4	2.4	1.15	1
T=S	2.3	2.5	2.5	1.25	1.05
T=M	2.4	2.6	2.6	1.25	1.05
T=L	2.5	2.7	2.7	1.25	1.05
T=XL	2.6	2.8	2.8	1.25	1.05

La estandarización de procesos abre nuevas oportunidades a mejorar mediante el estudio de tiempos y movimientos, sin embargo, escapa al objetivo de este proyecto de investigación.

### 5.2.6. Cronograma de implementación

En la Figura 87 se presenta el cronograma de implementación de la estandarización.

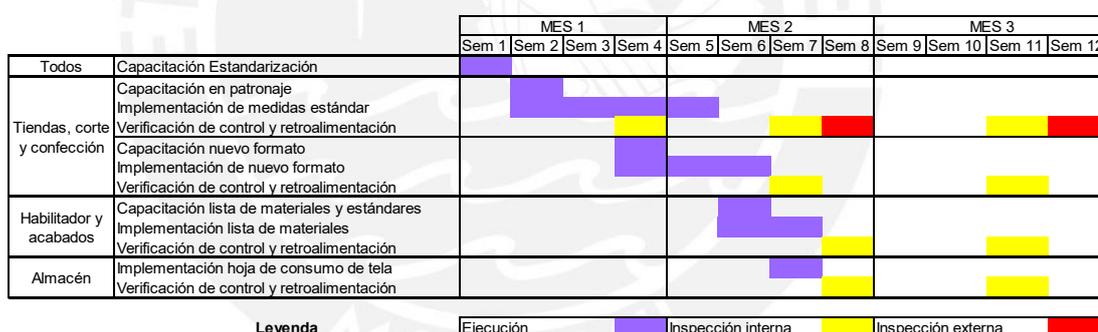


Figura 87: Cronograma de implementación de estandarización

### 5.3. Kaizen

El proyecto de mejora continua empieza con la capacitación al personal sobre los objetivos de la empresa, misión y visión. Seguido de ello, se capacitará en la nueva forma de trabajo (proceso de mejora continua) de la empresa. El énfasis de la capacitación es en adoptar manufactura esbelta como sistema de trabajo y empezar por las primeras herramientas que son el cimiento de la casita de TPS.

#### 5.3.1. Objetivo

La propuesta de kaizen tiene como finalidad:

- Implementar los cimientos del proceso de mejora continua.

- Implementar la cultura del trabajo colaborativo.
- Reducir el tiempo de transporte de corte a confección (25 min)

### 5.3.2. Difusión y capacitación de Kaizen

La implementación de Kaizen incluye capacitación sobre los siguientes temas puntuales:

- **Kaizen orientado al proceso: eliminación del desperdicio** dirigido a todo el personal, con énfasis a la parte operativa.
- **Kaizen orientado a la administración: mejora de la cadena de valor** dirigido al personal administrativo y comercial.
- **El sistema de sugerencia** dirigido a todo el personal

### 5.3.3. Sistema de sugerencias

También se formarán grupos de trabajo colaborativo, según la Tabla 25.

Tabla 25. Grupos de trabajo Kaizen

<b>Grupo de trabajo</b>	<b>Miembros</b>
Comercial y administrativo	Personal de almacén, tiendas, administrativa y comercial
Por familia de producto	Personal de corte, confección y acabados que participen en la fabricación de una misma familia de producto definidos en el acápite 4.3

La comunicación es muy importante en este proyecto porque los cambios a realizar son en el hábito y costumbre de los trabajadores, primero en la forma de trabajo y luego en mantener el cambio (disciplina); por tanto, la capacitación debe lograr transmitir ese mensaje.

El sistema de sugerencias a aplicar en la empresa contempla recibir una idea mensual por cada persona, la cuales será analizadas y evaluadas para su posterior implementación. La idea ganadora será acreedora a un bono de recompensa.

La aplicación de kaizen es viable porque es una pequeña empresa y no supera los 30 trabajadores, así que la resistencia al cambio es menor.

### 5.3.4. Kaizen orientado a las instalaciones

La propuesta de cambiar la distribución de las máquinas corresponde a agruparlas según la familia de productos que produzcan para disminuir los transportes. Con la distribución propuesta en la Figura 88 se pretende eliminar el transporte de corte a confección que demora 25 minutos al proceso productivo.

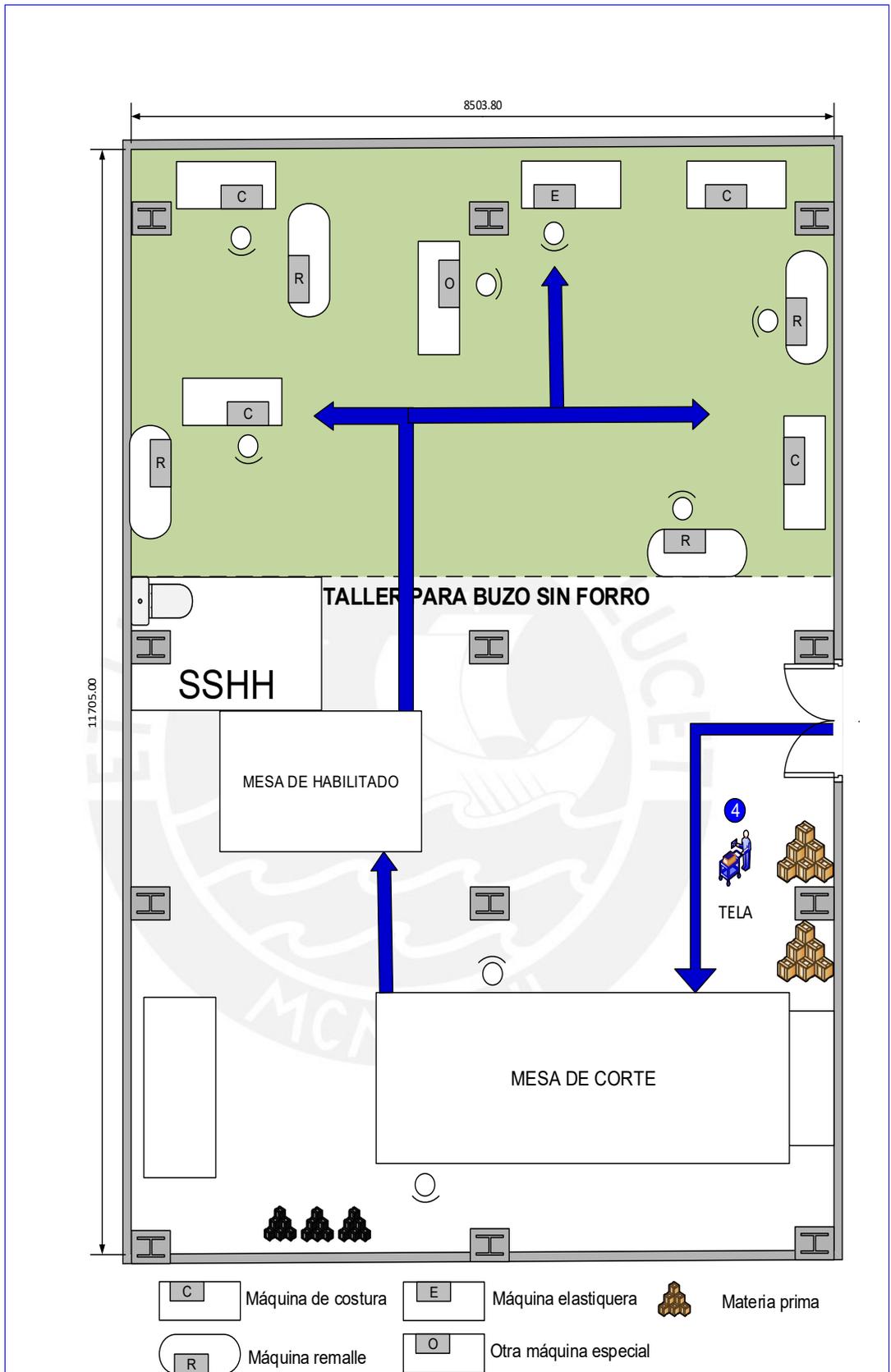


Figura 88: Distribución propuesta del inmueble 1

### 5.3.5. Cronograma de implementación

En la Figura 89 se presenta el cronograma de implementación del Kaizen

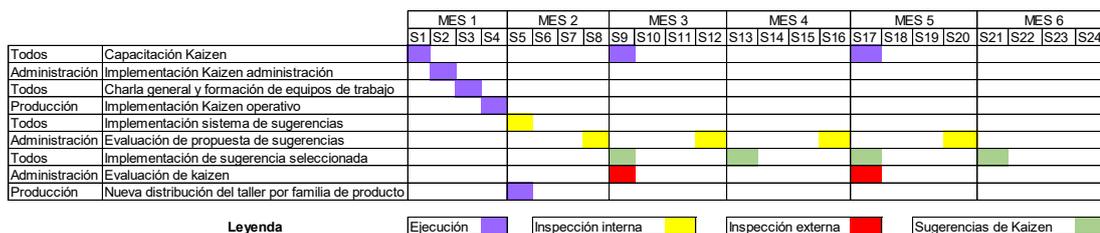


Figura 89: Cronograma de implementación de Kaizen

### 5.4. Programación y secuenciamiento de operaciones

La programación de operaciones se aplicará para los procesos de elaboración de molde, corte, confección de casaca y confección de pantalón, porque son los procesos que requieren más tiempo y los que están cerca al takt time (visto en la Figura 61). La falta de programación es la causa-raíz de las “esperas” en el proceso de confección y del acumulamiento de inventario dentro del proceso general, según visto en los 5 por qué (Figura 76 y 77).

El primer problema es la falta de anticipación de requerimiento de materiales de determinados pedidos que por sus características requieren de materiales especiales o poco demandados, razón por la que no se tiene en stock. Por ejemplo, cierres de color dorado, tela color azul eléctrico o hilo color blanco humo. El desperdicio ocurre cuando un lote de pedido es iniciado en confección con materiales incompletos, por ejemplo, faltaba cierres de pecho y se inició la confección esperando que se entregue los cierres a la brevedad (los cierres de pecho se colocan al final de la confección). Sin embargo, tal situación genera esperas de 20 minutos porque el confeccionista debe volver a solicitar los materiales.

El segundo problema es que no se cuenta con un calendario de pedidos, equivale a decir que no hay un documento físico en el que se pueda visualizar los pedidos con su fecha de entrega y por tanto se descuida la programación anticipada de los procesos de producción para cada pedido. La consecuencia del segundo problema es el incumplimiento de pedidos en la fecha pactada y la demora entre procesos.

Ante estos problemas se propone realizar un modelo de programación lineal para la programación y secuenciamiento de pedidos. Complementando al programa lineal se propone dibujarlo en un diagrama de Gantt para el control visual de los procesos. Para tal fin se detallará la utilidad del Diagrama de Gantt y el secuenciamiento en la empresa.

#### 5.4.1. Diagrama de GANTT

La propuesta es realizar un diagrama de gantt para anticipar los requerimientos de material de un pedido, de ese modo, apenas se tenga el contrato de producción se podrá solicitar o comprar materiales para no tener posteriores demoras en el proceso productivo por falta de algún material o insumo (ver Figura 90). Esta herramienta va de la mano con la lista de materiales, de modo que antes de emitir la orden de corte o de confección se cuente con los materiales para cada caso. Para el proceso de corte debe tenerse tela principal y tela secundaria, por ejemplo, tela polialgodon y rib. Para el proceso de confección debe alistarse hilos, cierres, elásticos, etiquetas y cintas de modo que no se interrumpa el proceso hasta terminarlo.



Figura 90: Diagrama de gantt de un pedido

#### 5.4.2. Secuenciamiento

Se propone secuenciar las órdenes de producción para entregar los pedidos en su fecha establecida. La propuesta es realizar una programación de pedidos con relación a los procesos que siguen para visualizar la fecha de terminación del proceso y que se anticipe a la fecha de entrega del contrato. Ver Figura 91.

	SEMANA 1					
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
Corte buzo con forro	30 Buzos con forro OP 401		56 Chalecos OP 402			
Corte buzo sin forro	100 Buzos San Roman OP 403					
Confección taller 1	50 Casaca Galeno OP 400		100 Casaca San Roman OP 403			
Confección taller 2	50 Pantalones Galeno OP 400			100 Pantalones San Roman OP 403		
Corte camisetas	54 Polos ML		54 Camisetas Basket		24 Polos	24 Tusas
Bordado	Mantenimiento					
Confección camisetas	3 Docenas pedido OP 301				Camiseta muestra	

Figura 91: Programación de pedidos por semana

### 5.4.3. Modelo de Programación Lineal propuesto

Dada la demanda de pedidos (8 según el mapeo de flujo de valor)

**Sean los pedidos  $j = 1,2,3,4,5,6,7,8$ . Se define las variables de cada proceso a estimar (Tabla 26):**

Tabla 26. Variables a estimar en el modelo

Variable	Descripción
$A_j$ :	Tiempo de inicio del proceso de elaboración de molde del pedido $j$
$B_j$ :	Tiempo de inicio del proceso de corte del pedido $j$
$C_{ij}$ :	Tiempo de inicio del proceso de confección de casaca del operario $i = 1,2,3$ en el pedido $j$
$D_{kj}$ :	Tiempo de inicio del proceso de confección de pantalón del operario $k = 1,2$ en el pedido $j$

Se definen los 4 procesos, pues son los de mayor tiempo de procesamiento y donde se busca programar la producción. Se deja de lado bordado y acabado para simplificar el modelo de programación lineal. También se tiene en la Tabla 27 otras variables a utilizar en el modelo.

Tabla 27. Otras variables y parámetros a utilizar en el modelo

Variable	Descripción
$TA_j$ :	Tiempo de operación del proceso de elaboración de molde del pedido $j$
$TB_j$ :	Tiempo de operación del proceso de corte del pedido $j$
$TC_{ij}$ :	Tiempo de operación del proceso de confección de casaca en el operario $i = 1,2,3$ del pedido $j$
$TD_{kj}$ :	Tiempo de operación del proceso de confección de pantalón del en el operario $k = 1,2$ del pedido $k$
$D\_A$ :	Disponibilidad inicial en la línea de tiempo del proceso A (elaboración de molde)
$D\_B$ :	Disponibilidad inicial en la línea de tiempo del proceso B (corte)
$D\_C_i$ :	Disponibilidad inicial en la línea de tiempo del proceso C (confección de casaca)

$D_{D_k}$ :	Disponibilidad inicial en la línea de tiempo del proceso A (confección de pantalón)
$YC_{ij}$ :	Asignación al operario $i = 1, 2, 3$ el pedido $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$
$YD_{kj}$ :	Asignación al operario $i = 1, 2, 3$ el pedido $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$
$FC_{ij}$ :	Final esperado del operario $i = 1, 2, 3$ en el pedido $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ del proceso de confección de casaca
$FD_{kj}$ :	Final esperado del operario $k = 1, 2$ en el pedido $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ del proceso de confección de pantalón
<i>Prioridad<sub>j</sub></i>	La prioridad del pedido $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ ingresada manualmente.

Se define, adicionalmente, las variables auxiliares para las restricciones o bien en cada proceso con  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ .

$RA1_j, RA2_j, RA3_j, RA4_j, RA5_j, RA6_j, RA7_j, RA8_j$ :

$RB1_j, RB2_j, RB3_j, RB4_j, RB5_j, RB6_j, RB7_j, RB8_j$ :

$RC1_{ij}, RC2_{ij}, RC3_{ij}, RC4_{ij}, RC5_{ij}, RC6_{ij}, RC7_{ij}, RC8_{ij}$ :

$RD1_{kj}, RD2_{kj}, RD3_{kj}, RD4_{kj}, RD5_{kj}, RD6_{kj}, RD7_{kj}, RD8_{kj}$ :

Variables auxiliares para las restricciones si entonces en cada proceso con  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$

$RYC_{ij}, RYD_{kj}$

### La función objetivo

$$MIN = \sum_{j=1}^8 \left( \sum_i^3 FC_{ij} \right) * PRIORIDAD_j + \sum_{j=1}^8 \left( \sum_k^2 FD_{kj} \right) * PRIORIDAD_j$$

El Programa Lineal (PL) buscará minimizar los tiempos de inicio de cada proceso a través de las variables “Final esperado  $FC_{ij}$  y  $FD_{kj}$ ” que corresponden a los procesos de confección de casaca y pantalón respectivamente, ambos están multiplicados por un factor de  $PRIORIDAD_j$  que son parámetros ingresados por el usuario. Tales parámetros permitirán establecer un orden de urgencia en los pedidos con fechas de entrega próximas. Es preciso aclarar que el PL reconocerá a  $FC_{ij}$  y  $FD_{ij}$  únicamente de los pedidos asignados a cada confeccionista.

### Restricciones del modelo

- Restricciones de secuencia de procesos A y B

$$B_j \geq A_j + TA_j$$

- Restricción de la disponibilidad de recurso de cada proceso

$$A_j \geq D_A$$

$$B_j \geq D_B$$

$$C_{ij} \geq D_{C_i}$$

$$D_{kj} \geq D_{D_k}$$

- Restricción para garantizar la asignación del pedido j a un solo costurero i para el proceso de confección de casaca.

$$\sum_{i=1}^3 YC_{ij} = 1$$

- Restricción para garantiza la asignación del pedido j a un solo costurero k para el proceso de confección de pantalón.

$$\sum_{k=1}^2 YD_{kj} = 1$$

- Restricción si entonces, cuya restricción condicional es la asignación del pedido al operario i en el proceso de casaca. Posteriormente si cumple la condición se aplica la restricción del secuenciamiento del proceso C y el final estimado de C (FC).

$$YC_{ij} \leq M1 * (1 - RYC_{ij})$$

$$B_j + TB_j - C_{ij} \leq M1 * RYC_{ij}$$

$$C_{ij} + TC_{ij} * YC_{ij} - FC_{ij} \leq M1 * RYC_{ij}$$

- Restricción si entonces, cuya restricción condicional es la asignación del pedido al operario k en el proceso de pantalón. Posteriormente si cumple la condición se aplica la restricción del secuenciamiento del proceso D y el final estimado de D (FD).

$$YD_{kj} \leq M2 * (1 - RYD_{kj})$$

$$B_j + TB_j - D_{kj} \leq M2 * RYD_{kj}$$

$$D_{kj} + TD_{kj} * YD_{kj} - FD_{kj} \leq M2 * RYD_{kj}$$

- Restricciones o bien en el proceso A para j menor que 8. La restricción que garantiza que el proceso A (elaboración de molde) solo trabaje un pedido a la vez. En primer lugar, compara el pedido 1 con los demás pedidos. En las siguientes restricciones compara el pedido 2 con las restantes y así sucesivamente.

$$A_{j+1} + TA_{j+1} - A_1 \leq M1 * RA1_j$$

$$A_1 + TA_1 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA1_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 2.  $A_{j+1} + TA_{j+1} - A_2 \leq M1 * RA2_j$

$$A_2 + TA_2 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA2_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 3.  $A_{j+1} + TA_{j+1} - A_3 \leq M1 * RA3_j$

$$A_3 + TA_3 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA3_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 4.  $A_{j+1} + TA_{j+1} - A_4 \leq M1 * RA4_j$

$$A_4 + TA_4 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA4_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 5.  $A_{j+1} + TA_{j+1} - A_5 \leq M1 * RA5_j$

$$A_5 + TA_5 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA5_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 6.  $A_{j+1} + TA_{j+1} - A_6 \leq M1 * RA6_j$

$$A_6 + TA_6 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA6_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 7.  $A_{j+1} + TA_{j+1} - A_7 \leq M1 * RA7_j$

$$A_7 + TA_7 - A_{j+1} \leq M1 * (1 - RA7_j)$$

- Restricciones o bien en el proceso B para j menor que 8. La restricción que garantiza que el proceso B (corte) solo trabaje un pedido a la vez. En primer lugar, compara el pedido 1 con los demás pedidos. En las siguientes restricciones compara el pedido 2 con las restantes y así sucesivamente.

$$B_{j+1} + TB_{j+1} - B_1 \leq M2 * RB1_j$$

$$B_1 + TB_1 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB1_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 2.  $B_{j+1} + TB_{j+1} - B_2 \leq M2 * RB2_j$

$$B_2 + TB_2 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB2_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 3.  $B_{j+1} + TB_{j+1} - B_3 \leq M2 * RB3_j$

$$B_3 + TB_3 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB3_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 4.  $B_{j+1} + TB_{j+1} - B_4 \leq M2 * RB4_j$

$$B_4 + TB_4 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB4_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 5.  $B_{j+1} + TB_{j+1} - B_5 \leq M2 * RB5_j$

$$B_5 + TB_5 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB5_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 6.  $B_{j+1} + TB_{j+1} - B_6 \leq M2 * RB6_j$

$$B_6 + TB_6 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB6_j)$$

- Para j menor que 8 y mayor igual que 7.  $B_{j+1} + TB_{j+1} - B_7 \leq M2 * RB7_j$

$$B_7 + TB_7 - B_{j+1} \leq M2 * (1 - RB7_j)$$

- Restricciones o bien en el proceso C para j menor que 8. La restricción que garantiza que el proceso C (confección de casaca) solo trabaje un pedido a la vez. En primer lugar, compara el pedido 1 con los demás pedidos. En las siguientes restricciones compara el pedido 2 con las restantes y así sucesivamente.

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i1} \leq M3 * RC1_{ij}$$

$$C_{i1} + TC_{i1} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC1_{ij})$$

- Para cada i y para cada j menor que 8 y mayor igual que 2

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i2} \leq M3 * RC2_{ij}$$

$$C_{i2} + TC_{i2} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC2_{ij})$$

- Para cada i y para cada j menor que 8 y mayor igual que 3

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i3} \leq M3 * RC3_{ij}$$

$$C_{i3} + TC_{i3} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC3_{ij})$$

- Para cada i y para cada j menor que 8 y mayor igual que 4

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i4} \leq M3 * RC4_{ij}$$

$$C_{i4} + TC_{i4} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC4_{ij})$$

- Para cada i y para cada j menor que 8 y mayor igual que 5

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i5} \leq M3 * RC5_{ij}$$

$$C_{i5} + TC_{i5} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC5_{ij})$$

- Para cada i y para cada j menor que 8 y mayor igual que 6

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i6} \leq M3 * RC6_{ij}$$

$$C_{i6} + TC_{i6} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC6_{ij})$$

- Para cada i y para cada j menor que 8 y mayor igual que 7

$$C_{i(j+1)} + TC_{i(j+1)} - C_{i7} \leq M3 * RC7_{ij}$$

$$C_{i7} + TC_{i7} - C_{i(j+1)} \leq M3 * (1 - RC7_{ij})$$

- Restricciones o bien en el proceso D para j menor que 8. La restricción que garantiza que el proceso D (confección de pantalón) solo trabaje un pedido a la vez. En primer lugar, compara el pedido 1 con los demás pedidos. En las

siguientes restricciones compara el pedido 2 con las restantes y así sucesivamente.

- Para  $j$  menor que 8. La restricción que garantiza que el proceso D (Confección de pantalón) solo trabaje un pedido a la vez en cada operario. En primer lugar, compara el pedido 1 con los demás pedidos.

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k1} \leq M3 * RD1_{kj}$$

$$D_{k1} + TD_{k1} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD1_{kj})$$

- Para cada  $i$  y para cada  $j$  menor que 8 y mayor igual que 2

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k2} \leq M3 * RD2_{kj}$$

$$D_{k2} + TD_{k2} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD2_{kj})$$

- Para cada  $i$  y para cada  $j$  menor que 8 y mayor igual que 3

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k3} \leq M3 * RD3_{kj}$$

$$D_{k3} + TD_{k3} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD3_{kj})$$

- Para cada  $i$  y para cada  $j$  menor que 8 y mayor igual que 4

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k4} \leq M3 * RD4_{kj}$$

$$D_{k4} + TD_{k4} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD4_{kj})$$

- Para cada  $i$  y para cada  $j$  menor que 8 y mayor igual que 5

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k5} \leq M3 * RD5_{kj}$$

$$D_{k5} + TD_{k5} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD5_{kj})$$

- Para cada  $i$  y para cada  $j$  menor que 8 y mayor igual que 6

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k6} \leq M3 * RD6_{kj}$$

$$D_{k6} + TD_{k6} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD6_{kj})$$

- Para cada  $i$  y para cada  $j$  menor que 8 y mayor igual que 7

$$D_{k(j+1)} + TD_{k(j+1)} - D_{k7} \leq M3 * RD7_{kj}$$

$$D_{k7} + TD_{k7} - D_{k(j+1)} \leq M3 * (1 - RD7_{kj})$$

- Se define también las variables binarias

$$YC_{ij}, YD_{kj}, RYC_{ij}, RYD_{kj}$$

$$RA1_j, RA2_j, RA3_j, RA4_j, RA5_j, RA6_j, RA7_j$$

$$RB1_j, RB2_j, RB3_j, RB4_j, RB5_j, RB6_j, RB7_j$$

$$RC1_j, RC2_j, RC3_j, RC4_j, RC5_j, RC6_j, RC7_j$$

$$RD1_j, RD2_j, RD3_j, RD4_j, RD5_j, RD6_j, RD7_j$$

## Programación del modelo en el Software AMPL

En primer lugar, se presenta el modelo en el archivo “.mod” (Figura 92)

```
#Sets simples definidos para crear sets compuestos;
set uno;
set dos;
set tres;
#Sets simples para las variables A, B, Prioridad y crear sets compuestos;
set Pedidos;

#Sets compuestos para las variables C, FC, YC;
set Casaca:= {tres, Pedidos};
set Pantalon:= {dos, Pedidos};

#Sets simples definidos para crear sets compuestos;
set siete;
set seis;
set cinco;
set cuatro;
set tres2;
set dos2;
set uno2;

#Sets compuestos para crear las variables auxiliares de las restricciones si entonces
y o bien;
set matriz1:= {tres, siete};
set matriz2:= {tres, seis};
set matriz3:= {tres, cinco};
set matriz4:= {tres, cuatro};
set matriz5:= {tres, tres2};
set matriz6:= {tres, dos2};
set matriz7:= {tres, uno2};
set matriz1k:= {dos, siete};
set matriz2k:= {dos, seis};
set matriz3k:= {dos, cinco};
set matriz4k:= {dos, cuatro};
set matriz5k:= {dos, tres2};
set matriz6k:= {dos, dos2};
set matriz7k:= {dos, uno2};

#Parámetros;
param Prioridad{i in Pedidos};

#Parámetros de disponibilidad inicial;
param D_A;
param D_B;
param D_C{i in tres};
param D_D{i in dos};

#Parámetros de tiempo de operación;
param TA{i in Pedidos};
param TB{i in Pedidos};
param TC{j in tres, i in Pedidos};
param TD{k in dos, i in Pedidos};

#Parámetros de M para restricciones si entonces y o bien;
param M;
param M2;
```

```

#Variables de tiempo de inicio de procesos;
var A{i in Pedidos};
var B{i in Pedidos};
var C{j in tres, i in Pedidos};
var D{k in dos, i in Pedidos};

#Variables de asignación de pedido a operario;
var YC{j in tres, i in Pedidos} binary;
var YD{k in dos, i in Pedidos} binary;

#Variables de tiempos de finalización, el modelo buscará optimizar esta variable;
var FC{j in tres, i in Pedidos} >= 0;
var FD{k in dos, i in Pedidos} >= 0;

#Variables auxiliares de las restricciones si entonces en procesos C y D;
var RYC{j in tres, i in Pedidos} binary;
var RYD{k in dos, i in Pedidos} binary;

#Variables auxiliares de las restricciones o bien para garantizar la continuidad de un
pedido y otro;
var RA1{i in siete} binary;
var RA2{i in seis} binary;
var RA3{i in cinco} binary;
var RA4{i in cuatro} binary;
var RA5{i in tres2} binary;
var RA6{i in dos2} binary;
var RA7{i in uno2} binary;

var RB1{i in siete} binary;
var RB2{i in seis} binary;
var RB3{i in cinco} binary;
var RB4{i in cuatro} binary;
var RB5{i in tres2} binary;
var RB6{i in dos2} binary;
var RB7{i in uno2} binary;

var RC1{j in tres, i in siete} binary;
var RC2{j in tres, i in seis} binary;
var RC3{j in tres, i in cinco} binary;
var RC4{j in tres, i in cuatro} binary;
var RC5{j in tres, i in tres2} binary;
var RC6{j in tres, i in dos2} binary;
var RC7{j in tres, i in uno2} binary;
var RD1{j in dos, i in siete} binary;

var RD2{j in dos, i in seis} binary;
var RD3{j in dos, i in cinco} binary;
var RD4{j in dos, i in cuatro} binary;
var RD5{j in dos, i in tres2} binary;
var RD6{j in dos, i in dos2} binary;
var RD7{j in dos, i in uno2} binary;

#Función objetivo;
minimize Tiempo: sum{j in tres, i in Pedidos} FC[j,i] * Prioridad[i];
#sum{k in dos, i in Pedidos} FD[k,i];

```

## #RESTRICCIONES;

#Disponibilidad inicial de cada proceso;

**subject to** Disponibilidad\_A{i in Pedidos}:  $A[i] \geq D\_A$ ;

**subject to** Disponibilidad\_B{i in Pedidos}:  $B[i] \geq D\_B$ ;

**subject to** Disponibilidad\_C{j in tres, i in Pedidos}:  $C[j,i] \geq D\_C[j]$ ;

**subject to** Disponibilidad\_D{k in dos, i in Pedidos}:  $D[k,i] \geq D\_D[k]$ ;

#Asignación a un solo operario;

**subject to** Asignacion\_C{i in Pedidos}:  $\sum \{j \text{ in tres}\} YC[j,i] = 1$ ;

**subject to** Asignacion\_D{i in Pedidos}:  $\sum \{k \text{ in dos}\} YD[k,i] = 1$ ;

#Secuencia los procesos A y B;

**subject to** secuencia\_de\_AyB{i in Pedidos}:  $B[i] \geq A[i] + TA[i]$ ;

#Si cumple la asignación de pedido, entonces ejecuta la casaca y secuencia el proceso B y C;

**subject to** si\_entonces\_casaca\_parte1{j in tres, i in Pedidos}:  $YC[j,i] \leq M * (1 - RYC[j,i])$ ;

**subject to** si\_entonces\_casaca\_parte2{j in tres, i in Pedidos}:  $B[i] + TB[i] - C[j,i] - M * RYC[j,i] \leq 0$ ;

**subject to** si\_entonces\_casaca\_parte3{j in tres, i in Pedidos}:  $C[j,i] + YC[j,i] * TC[j,i] - FC[j,i] - M * RYC[j,i] \leq 0$ ;

#Si cumple la asignación de pedido, entonces ejecuta el pantalón y secuencia el proceso B y D;

**subject to** si\_entonces\_pantalón\_parte1{k in dos, i in Pedidos}:  $YD[k,i] \leq M * (1 - RYD[k,i])$ ;

**subject to** si\_entonces\_pantalón\_parte2{k in dos, i in Pedidos}:  $B[i] + TB[i] - D[k,i] - M * RYD[k,i] \leq 0$ ;

**subject to** si\_entonces\_pantalón\_parte3{k in dos, i in Pedidos}:  $D[k,i] + YD[k,i] * TD[k,i] - FD[k,i] - M * RYD[k,i] \leq 0$ ;

#O bien para no trabajar dos pedidos a la vez en proceso A;

#pedido 1 con 2,3,4,5,6,7,8;

**subject to** pedido1\_con\_otros\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $i < 8$ }:  $A[i+1] + TA[i+1] - A[1] \leq M2 * RA1[i]$ ;

**subject to** otros\_con\_pedido1\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $i < 8$ }:  $A[1] + TA[1] - A[i+1] \leq M2 * (1 - RA1[i])$ ;

#pedido2 con 3,4,5,6,7,8;

**subject to** pedido2\_con\_otros\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $1 < i < 8$ }:  $A[i+1] + TA[i+1] - A[2] \leq M2 * RA2[i]$ ;

**subject to** otros\_con\_pedido2\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $1 < i < 8$ }:  $A[2] + TA[2] - A[i+1] \leq M2 * (1 - RA2[i])$ ;

#pedido3 con 4,5,6,7,8;

**subject to** pedido3\_con\_otros\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $2 < i < 8$ }:  $A[i+1] + TA[i+1] - A[3] \leq M2 * RA3[i]$ ;

**subject to** otros\_con\_pedido3\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $2 < i < 8$ }:  $A[3] + TA[3] - A[i+1] \leq M2 * (1 - RA3[i])$ ;

#pedido4 con 5,6,7,8;

**subject to** pedido4\_con\_otros\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $3 < i < 8$ }:  $A[i+1] + TA[i+1] - A[4] \leq M2 * RA4[i]$ ;

**subject to** otros\_con\_pedido4\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $3 < i < 8$ }:  $A[4] + TA[4] - A[i+1] \leq M2 * (1 - RA4[i])$ ;

#pedido5 con 6,7,8;

**subject to** pedido5\_con\_otros\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $4 < i < 8$ }:  $A[i+1] + TA[i+1] - A[5] \leq M2 * RA5[i]$ ;

**subject to** otros\_con\_pedido5\_en\_proceso\_A{i in Pedidos:  $4 < i < 8$ }:  $A[5] + TA[5] - A[i+1] \leq M2 * (1 - RA5[i])$ ;

```

#pedido6 con 7,8;
subject to pedido6_con_otros_en_proceso_A{i in Pedidos: 5<i<8}: A[i+1] + TA[i+1] -
A[6] <= M2 * RA6[i];
subject to otros_con_pedido6_en_proceso_A{i in Pedidos: 5<i<8}: A[6] + TA[6] -
A[i+1] <= M2 * (1-RA6[i]);
#pedido7 con 8;
subject to pedido7_con_otros_en_proceso_A{i in Pedidos: i=7}: A[i+1] + TA[i+1] - A[7]
<= M2 * RA7[i];
subject to otros_con_pedido7_en_proceso_A{i in Pedidos: i=7}: A[7] + TA[7] - A[i+1]
<= M2 * (1-RA7[i]);

#O bien para no trabajar dos pedidos a la vez en proceso B;
#pedido 1 con 2,3,4,5,6,7,8;
subject to pedido1_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: i<8}: B[i+1] + TB[i+1] - B[1]
<= M2 * RB1[i];
subject to otros_con_pedido1_en_proceso_B{i in Pedidos: i<8}: B[1] + TB[1] - B[i+1]
<= M2 * (1-RB1[i]);
#pedido2 con 3,4,5,6,7,8;
subject to pedido2_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: 1<i<8}: B[i+1] + TB[i+1] -
B[2] <= M2 * RB2[i];
subject to otros_con_pedido2_en_proceso_B{i in Pedidos: 1<i<8}: B[2] + TB[2] -
B[i+1] <= M2 * (1-RB2[i]);
#pedido3 con 4,5,6,7,8;
subject to pedido3_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: 2<i<8}: B[i+1] + TB[i+1] -
B[3] <= M2 * RB3[i];
subject to otros_con_pedido3_en_proceso_B{i in Pedidos: 2<i<8}: B[3] + TB[3] -
B[i+1] <= M2 * (1-RB3[i]);
#pedido4 con 5,6,7,8;
subject to pedido4_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: 3<i<8}: B[i+1] + TB[i+1] -
B[4] <= M2 * RB4[i];
subject to otros_con_pedido4_en_proceso_B{i in Pedidos: 3<i<8}: B[4] + TB[4] -
B[i+1] <= M2 * (1-RB4[i]);
#pedido5 con 6,7,8;
subject to pedido5_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: 4<i<8}: B[i+1] + TB[i+1] -
B[5] <= M2 * RB5[i];
subject to otros_con_pedido5_en_proceso_B{i in Pedidos: 4<i<8}: B[5] + TB[5] -
B[i+1] <= M2 * (1-RB5[i]);
#pedido6 con 7,8;
subject to pedido6_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: 5<i<8}: B[i+1] + TB[i+1] -
B[6] <= M2 * RB6[i];
subject to otros_con_pedido6_en_proceso_B{i in Pedidos: 5<i<8}: B[6] + TB[6] -
B[i+1] <= M2 * (1-RB6[i]);
#pedido7 con 8;
subject to pedido7_con_otros_en_proceso_B{i in Pedidos: i=7}: B[i+1] + TB[i+1] - B[7]
<= M2 * RB7[i];
subject to otros_con_pedido7_en_proceso_B{i in Pedidos: i=7}: B[7] + TB[7] - B[i+1]
<= M2 * (1-RB7[i]);

#O bien para no trabajar dos pedidos a la vez en proceso C;
#pedido 1 con 2,3,4,5,6,7,8;
subject to pedido1_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: i<8}: C[j,i+1] +
TC[j,i+1] - C[j,1] <= M2 * RC1[j,i];
subject to otros_con_pedido1_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: i<8}: C[j,1] +
TC[j,1] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC1[j,i]);
#pedido2 con 3,4,5,6,7,8;
subject to pedido2_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 1<i<8}: C[j,i+1]
+ TC[j,i+1] - C[j,2] <= M2 * RC2[j,i];
subject to otros_con_pedido2_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 1<i<8}: C[j,2] +
TC[j,2] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC2[j,i]);

```

```

#pedido3 con 4,5,6,7,8;
subject to pedido3_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 2<i<8}: C[j,i+1]
+ TC[j,i+1] - C[j,3] <= M2 * RC3[j,i];
subject to otros_con_pedido3_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 2<i<8}: C[j,3] +
TC[j,3] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC3[j,i]);
#pedido4 con 5,6,7,8;
subject to pedido4_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 3<i<8}: C[j,i+1]
+ TC[j,i+1] - C[j,4] <= M2 * RC4[j,i];
subject to otros_con_pedido4_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 3<i<8}: C[j,4] +
TC[j,4] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC4[j,i]);
#pedido5 con 6,7,8;
subject to pedido5_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 4<i<8}: C[j,i+1]
+ TC[j,i+1] - C[j,5] <= M2 * RC5[j,i];
subject to otros_con_pedido5_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 4<i<8}: C[j,5] +
TC[j,5] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC5[j,i]);
#pedido6 con 7,8;
subject to pedido6_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 5<i<8}: C[j,i+1]
+ TC[j,i+1] - C[j,6] <= M2 * RC6[j,i];
subject to otros_con_pedido6_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: 5<i<8}: C[j,6] +
TC[j,6] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC6[j,i]);
#pedido7 con 8;
subject to pedido7_con_otros_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: i=7}: C[j,i+1] +
TC[j,i+1] - C[j,7] <= M2 * RC7[j,i];
subject to otros_con_pedido7_en_proceso_C{j in tres, i in Pedidos: i=7}: C[j,7] +
TC[j,7] - C[j,i+1] <= M2 * (1-RC7[j,i]);

```

Figura 92. Programación del modelo en AMPL – archivo .mod

En segundo lugar, se presenta los datos en el archivo “.dat” (Figura 93)

```

set uno:= 1;
set dos:= 1 2;
set tres:= 1 2 3;
set Pedidos:= 1 2 3 4 5 6 7 8;
set siete:= 1 2 3 4 5 6 7;
set seis:= 2 3 4 5 6 7;
set cinco:= 3 4 5 6 7;
set cuatro:= 4 5 6 7;
set tres2:= 5 6 7;
set dos2:= 6 7;
set uno2:= 7;

param Prioridad:=
1      27
2      9
3      3
4      1
5      2187
6      729
7      243
8      81;

param D_A:= 100;
param D_B:= 100;
param D_C:=
1      100
2      100
3      100;

```

```

param D_D:=
1    100
2    100;

param TA:=
1    300
2    245
3    380
4    245
5    300
6    380
7    245
8    300;

param TB:=
1    468
2    345.5
3    565.5
4    345.5
5    468
6    565.5
7    345.5
8    468;

param TC(tr):
      1    2    3:=
1 1300 1300 1300
2 600 600 600
3 2500 2500 2500
4 600 600 600
5 1300 1300 1300
6 2500 2500 2500
7 600 600 600
8 1300 1300 1300;

param TD(tr):=
      1    2:=
1 780 780
2 780 780
3 780 780
4 780 780
5 780 780
6 780 780
7 780 780
8 780 780;

param M:= 1000000;
param M2:= 1500000;

```

Figura 93. Programación del modelo en AMPL – archivo .dat

## Resultados

Es preciso aclarar que por tener la versión demo del software se tuvo que aplicar el modelo a casacas y dejar de lado los pantalones. Limitando las variables D, YD, FD y sus auxiliares. Para el análisis de resultados se tuvo cuatro escenarios que dependían del valor de los parámetros, explicados a continuación:

a) **Resultados con tiempos de operación constante** (Elaboración de molde 300 min, corte 468 min, confección de casaca 1300 min) **y sin prioridad** (todos los pedidos tienen el mismo orden de importancia).

Los primeros resultados arrojados por el software AMPL a través de su solver "CPLEX" se observa en la Figura 94.

CPLEX 12.9.0.0: optimal integer solution within mipgap or absmipgap;  
 objective 30448  
 4689568 MIP simplex iterations  
 132418 branch-and-bound nodes  
 absmipgap = 0.000581453, relmipgap = 1.90966e-08

Figura 94. Resultados del PL en el escenario 1

Los datos ingresados en los tiempos de operación se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Tiempos de operación en el modelo de PL en escenario 1

TA (molde)	TB (corte)	TC (confección de casaca)
300 min	468 min	1300 min

Complementando a la Tabla 28, se tiene los resultados de la variable YC (asignación a confeccionista) en la Tabla 29. Donde se puede apreciar que el modelo cumple la restricción de asignar un pedido a un solo confeccionista de casaca.

Tabla 29. Resultados de la variable YC en escenario 1

PEDIDO	PRIORIDAD	YC (Asignación al operario)		
		YC1	YC2	YC3
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	1	0	0	1
4	1	1	0	0
5	1	0	0	1
6	1	1	0	0
7	1	0	1	0
8	1	0	1	0

Mientras que los resultados de los tiempos de inicio de cada proceso se observan en la Tabla 30. Por ejemplo, el primer pedido en ejecutarse es el pedido 3, su primer proceso empieza en el tiempo 100, el segundo proceso en el tiempo 400 y por último, la confección en el tiempo 868.

Tabla 30. Resultados de las variables A, B, C en escenario 1

PEDIDO	A (Molde)	B (Corte)	C (Confección de casaca)		
			C1	C2	C3
1	1300	1804	10644	1000000	2272
2	1900	2272	2740	7108	4976
3	100	400	6744	4508	868
4	3376	3676	4144	100	10176
5	1600	3208	9344	5808	3676
6	400	868	1336	8408	8876
7	1000	1336	8044	1804	6276
8	700	2740	5444	3208	7576

Finalmente, el software estima el óptimo y calcula el tiempo de finalización (FC para cada pedido). Como se mencionaba al pedido 3, este será el primero en terminarse en el tiempo 2168. En el otro extremo, se tiene el pedido 4 que es el último en ejecutarse y termina en el tiempo 5444.

Tabla 31. Resultados de la variable FC en escenario 1

PEDIDO	FC (Final de confección de casaca)		
	FC1	FC2	FC3
1	0	0	3572
2	4040	0	0
3	0	0	2168
4	5444	0	0
5	0	0	4976
6	2636	0	0
7	0	3104	0
8	0	4508	0

Tiempo	30448
--------	-------

La función objetivo asciende a 30448 que resulta de sumar los valores de  $FC_{ij}$  mostrados en la Tabla 31.

Visualmente la programación realizada por el software se puede apreciar en un diagrama de Gantt (ver Figura 95). Donde cada pedido está representado por un

color y la parte negra representa la disponibilidad del proceso. El primer pedido en ser terminado es el número 3 de color naranja y el último es el pedido 4 de color plomo.

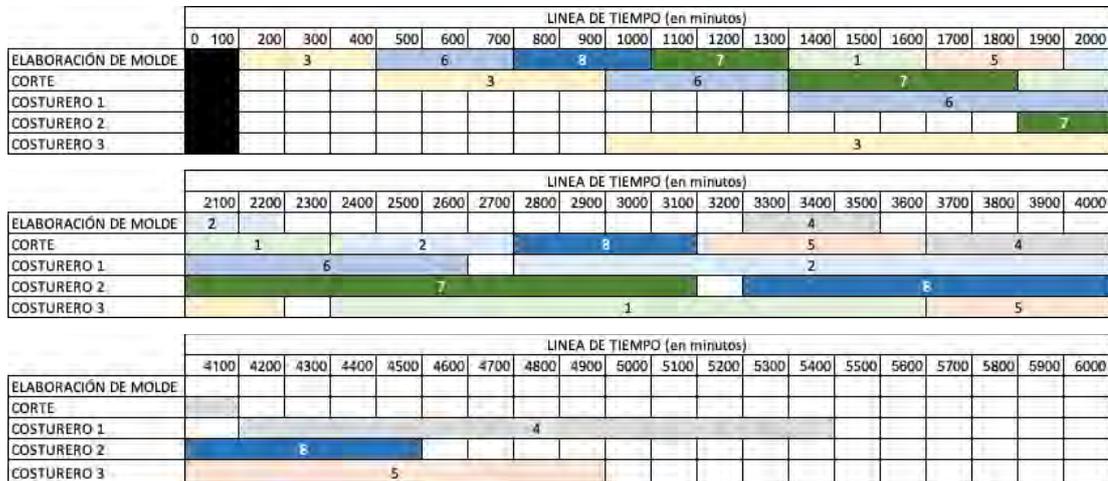


Figura 95. Diagrama de Gantt de la programación de pedidos – escenario 1

b) **Resultados con prioridad.** Para este segundo escenario se agrega valores en el parámetro “Prioridad” para forzar la ejecución de algún pedido con urgencia, es decir, se le intenta decir al modelo qué pedido tiene una fecha de entrega cercana. El resultado del software CPLEX se puede visualizar en la Figura 96.

CPLEX 12.9.0.0: optimal integer solution within mipgap or absmipgap;  
 objective 7876688  
 99551 MIP simplex iterations  
 5661 branch-and-bound nodes  
 absmipgap = 780, relmipgap = 9.90264e-05

Figura 96. Resultados del PL en escenario 2

Los tiempos de operación permanecen constantes (ver Tabla 32).

Tabla 32. Tiempos de operación del modelo de PL en escenario 2

TA	TB	TC
300	468	1300

Los datos de prioridad se aprecian en la Tabla 33, donde el más urgente es el que tiene mayor valor, para este caso la prioridad sería en el siguiente orden: pedido 5, 6, 7, 8, 1, 2, 3,4. También se puede visualizar el resultado de las variables YC que asigna los pedidos al confeccionista indicado.

Tabla 33. Resultados de la variable YC en escenario 2

PEDIDO	PRIORIDAD	YC (Asignación al operario)		
		YC1	YC2	YC3
1	27	0	0	1
2	9	1	0	0
3	3	0	1	0
4	1	0	0	1
5	2187	0	1	0
6	729	0	0	1
7	243	1	0	0
8	81	0	1	0

En la Tabla 34 se puede apreciar los valores de las variables A,B,C y en la Tabla 35 los valores de la variable FC. Se puede notar como el primer pedido en ser terminado es el pedido 5, cuyos valores son: A(minuto 100), B(minuto 400), C(minuto 868) y FC(minuto 2168). En contraste el último pedido en ser terminado es el pedido 4, cuyos valores son: A(minuto 1600), B(minuto 3676), C(minuto 4144) y FC(minuto 5444).

Tabla 34. Resultados de las variables A, B, C en escenario 2

PEDIDO	A (Molde)	B (Corte)	C (Confección de casaca)		
			C1	C2	C3
1	700	2272	9708	8876	2740
2	2440	2740	3208	10176	6744
3	1900	3208	4508	3676	5444
4	1600	3676	7108	6276	4144
5	100	400	8408	868	10644
6	400	868	5808	7576	1336
7	1000	1336	1804	4976	9344
8	1300	1804	100	2272	8044

El valor objetivo 7876688 que arroja el software es el resultado de la sumatoria de multiplicar la variable  $FC_{ij}$  con la  $Prioridad_j$  respectiva. Dado que por la variable YC (asignación a operario) es binaria, condiciona el valor de la variable FC por la restricción “si entonces”. De ese modo FC tiene un único valor por cada pedido

En la Figura 97 se puede apreciar el diagrama de gantt de la programación de pedidos, la cual verifica que el orden de programación de pedidos es acorde a la prioridad ingresada como parámetro. El pedido 5 (color melón) es el primero en ser confeccionado y el pedido 4 (plomo) es el último en ser confeccionado.

Tabla 35. Resultados de la variable FC en escenario 2.

PEDIDO	FC (Final de confección de casaca)		
	FC1	FC2	FC3
1	0	0	4040
2	4508	0	0
3	0	4976	0
4	0	0	5444
5	0	2168	0
6	0	0	2636
7	3104	0	0
8	0	3572	0

Tiempo	7876688
--------	---------

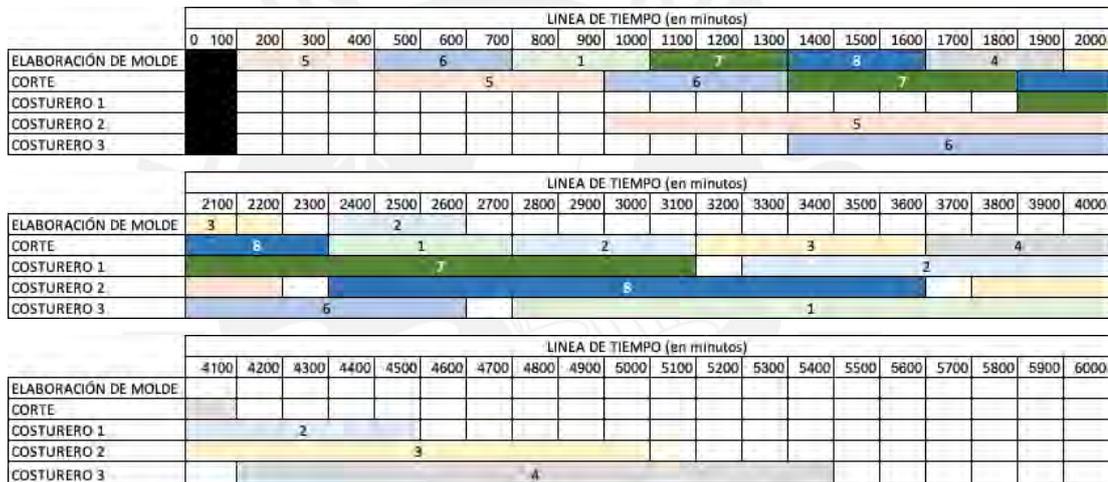


Figura 97. Diagrama de gantt de la programación de pedidos – escenario 2

c) **Resultados con diferentes tiempos.** Para el tercer escenario se establece diferentes tiempos de proceso por cada pedido, la variación se establece según el tamaño del lote de producción. También podría considerarse variación de tiempo entre operario en el proceso de costura. El resultado se visualiza en la Figura 91.

CPLEX solution status 13 with fixed integers: aborted in phase II,  
integer solution exists; objective 28028  
500305229 MIP simplex iterations  
20148689 branch-and-bound nodes  
absmipgap = 1322.5, relmipgap = 0.047185  
  
objective 28028  
6194169 MIP simplex iterations  
212725 branch-and-bound nodes  
absmipgap = 7741.31, relmipgap = 0.276199

Figura 98. Resultados del PL en escenario 3

En la Tabla 36 se aprecia los tiempos de proceso según tamaño de lote y los pedidos a los que han sido asignados. Por ejemplo, los pedidos 2,4 y 7 son de 12 unidades y sus tiempos de proceso TA, TB y TC son 245, 345.5 y 600 minutos respectivamente. Los pedidos 1, 5 y 8 son de 26 unidades y sus tiempos de producción son 300, 468 y 1300 minutos para los procesos A, B y C. Por último, los pedidos 3 y 6 de 52 unidades con tiempos de 380, 565.5 y 2500 minutos.

Tabla 36. Tiempos de proceso para el modelo de PL en escenario 3.

CANTIDAD	TA (min)	TB (min)	TC (min)	PEDIDOS
12 unid	245	345.5	600	2,4,7
26 unid	300	468	1300	1,5,8
52 unid	380	565.5	2500	3,6

En la Tabla 37 se visualiza la asignación de pedidos a los operarios de confección. Los pedidos asignados son de color rojo y número 1. También se mantiene la prioridad del escenario anterior, que significa forzar la programación según su orden de importancia, donde el mayor valor es el más importante porque incrementa el valor de la función objetivo. Por tanto, el modelo buscará que el tiempo de inicio sea el mínimo.

Tabla 37. Resultados de la variable YC en escenario 3.

PEDIDO	PRIORIDAD	YC (Asignación al operario)		
		YC1	YC2	YC3
1	27	0	0	1
2	9	1	0	0
3	3	0	1	0
4	1	0	0	1
5	2187	1	0	0
6	729	0	1	0
7	243	0	0	1
8	81	1	0	0

Los resultados de los tiempos de inicio de las variables A, B y C se aprecian en la Tabla 38. Los colores de texto en la columna A se mantiene en relación al pedido que corresponde

Los resultados de la variable FC se presenta en la Tabla 39. El primer pedido en terminar es el 5 en el minuto 2168 y el último es el 3 en el minuto 6433.5. Se puede comprobar que el resultado del óptimo en la Figura 91

Tabla 38. Resultados de las variables A, B y C en escenario 3.

PEDIDO	A (Molde)	B (Corte)	C (Confección de casaca)		
			C1	C2	C3
1	1947	2247	7247	6433.5	2715
2	2470	2715	3547	9033.5	4615
3	1433.5	3060.5	8547	3933.5	995000
4	3424.5	3669.5	4147	100	4015
5	100	400	868	7733.5	1000000
6	400	868	4747	1433.5	997500
7	1188.5	1433.5	100	10933.5	1779
8	780	1779	2247	9633.5	100

Tabla 39. Resultados de la variable FC en escenario 3.

PEDIDO	FC (Final de confección de casaca)		
	FC1	FC2	FC3
1	0	0	4015
2	4147	0	0
3	0	6433.5	0
4	0	0	4615
5	2168	0	0
6	0	3933.5	0
7	0	0	2379
8	3547	0	0

Tiempo	8643985
--------	---------

Finalmente, la Figura 99 muestra la programación de pedidos en el diagrama de Gantt para el escenario 3. Se puede notar la diferencia en los tiempos de producción.

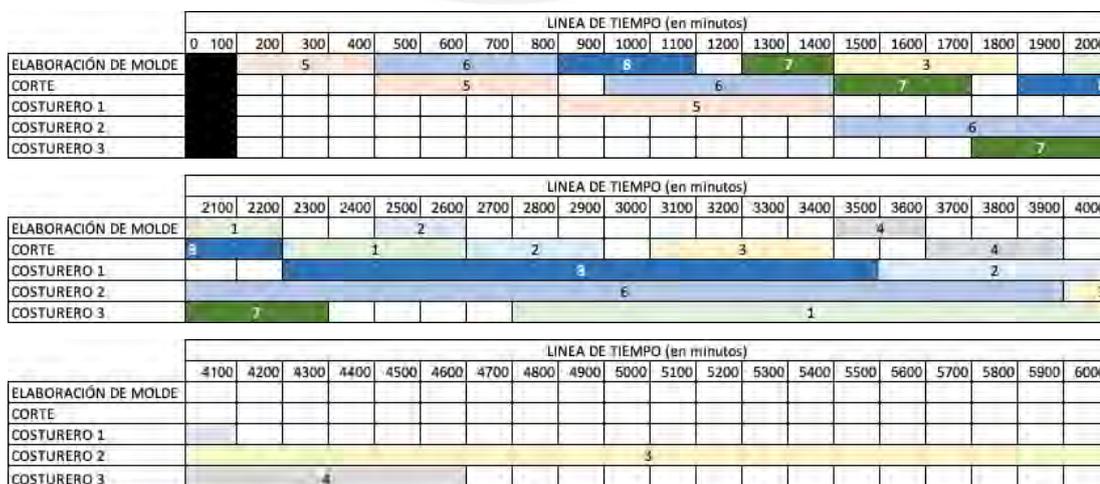


Figura 99. Diagrama de gantt de la programación de pedidos – escenario 3.

- d) Resultados con diferentes tiempos y prioridad. El cuarto escenario es el que más se aproxima a la realidad, el cual define tiempos diferentes para cada proceso según el tamaño de lote y considera alguna urgencia en determinado pedido. En la Tabla 40 se define los tiempos de operación según tamaño de lote. Mientras que la Tabla 41 muestra la prioridad de tres pedidos por encima del resto. Esta es una situación que se da en la empresa, por tanto, sería lo más adecuado para la programación de pedidos. Los resultados del software se visualizan en la Figura 100.

CPLEX 12.9.0.0: optimal integer solution within mipgap or  
 absmipgap; objective 8643985  
 372472 MIP simplex iterations  
 18913 branch-and-bound nodes  
 absmipgap = 629, relmipgap = 7.27674e-05

Figura 100 Resultados del PL en escenario 4.

Los principales datos para este escenario se aprecian en la Tabla 40. Donde se tiene 3 tamaños de lote, los tiempos de proceso según el tamaño de lote y los pedidos a los que les corresponde.

Tabla 40. Tiempos de operación del modelo de PL en escenario 4.

CANTIDAD	TA	TB	TC	PEDIDOS
12 unid	245	345.5	600	2,4,7
26 unid	300	468	1300	1,5,8
52 unid	380	565.5	2500	3,6

Como primer paso, el modelo asigna a cada confeccionista un determinado pedido. La asignación se visualiza en la Tabla 41 de color rojo. La Tabla también muestra la prioridad de 3 pedidos. El más urgente, el pedio 2, el segundo el pedido 6 y en tercer lugar el pedido 6. Los demás pedidos no tienen prioridad.

Tabla 41. Resultados de la variable YC en escenario 4.

PEDIDO	PRIORIDAD	YC (Asignación al operario)		
		YC1	YC2	YC3
1	1	0	1	0
2	27	0	1	0
3	1	1	0	0
4	1	0	1	0
5	1	0	0	1
6	9	1	0	0
7	1	0	1	0
8	3	0	0	1

La Tabla 42 muestra los resultados de los tiempos de inicio de los procesos A, B y C. Los colores de los datos van acordes a lo ingresado en la Tabla 40. (Rojo 12 unidades, negro 26 unidades y azul 52 unidades) También se aprecia que el modelo prioriza el inicio de los pedidos 2, 6 y 8.

Tabla 42. Resultados de las variables A, B y C en escenario 4.

PEDIDO	A (Molde)	B (Corte)	C (Confección de casaca)		
			C1	C2	C3
1	2617.5	2917.5	8351	3385.5	4385.5
2	100	345	100	690.5	100
3	3005.5	3385.5	3951	9785.5	9358.5
4	1513.5	1758.5	6451	2104	8758.5
5	2149.5	2449.5	10251	5985.5	3058.5
6	345	725	1290.5	7285.5	5685.5
7	1025	2104	9651	2702	8158.5
8	725	1290.5	7051	4685.5	1758.5

Los resultados de la variable FC se aprecian en la Tabla 43. Donde el primer pedido en terminar es el pedido 2 en el minuto 1290.5 y el último es el pedido 3 en el minuto 6451. El pedido 3 se extiende a ese minuto por ser un lote de 52 unidades. Se puede verificar el óptimo "Tiempo" cuyo valor es 99636.6 que es el resultado de la sumatoria de multiplicar la Prioridad j con la FC j.

Tabla 43. Resultados de la variable FC en escenario 4.

PEDIDO	FC (Final de confección de casaca)		
	FC1	FC2	FC3
1	0	4685.5	0
2	0	1290.5	0
3	6451	0	0
4	0	2704	0
5	0	0	4358.5
6	3790.5	0	0
7	0	3304	0
8	0	0	3058.5

Tiempo	99636.5
--------	---------

La Figura 101 presenta el diagrama de Gantt de los 8 pedidos a confeccionar, donde se comprueba que el modelo cumple con asignar la prioridad a los pedidos 2, 6 y 8. Posterior a ello, programa los demás pedidos.

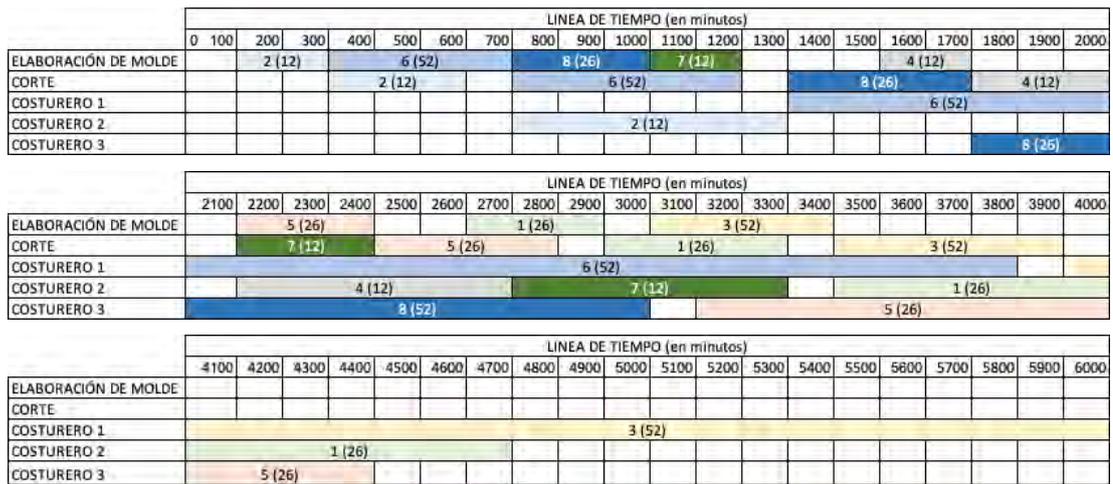


Figura 101. Diagrama de Gantt de la programación de pedidos – escenario 4

### 5.5. Heijunka

Se propone esta herramienta para balancear la producción en el mes de febrero, previo a la campaña escolar. En la situación actual, se produce el total de prendas estimadas a vender y se acumula en inventario hasta el término de la campaña escolar o su venta total (ver Figura 102). La situación que se propone es producir en lotes más pequeños según se vaya vendiendo y no acumular inventario por más de un mes (ver Figura 103).

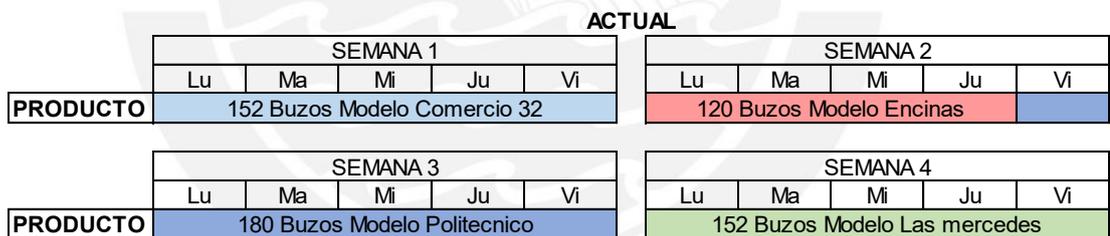


Figura 102. Programación en campaña escolar.

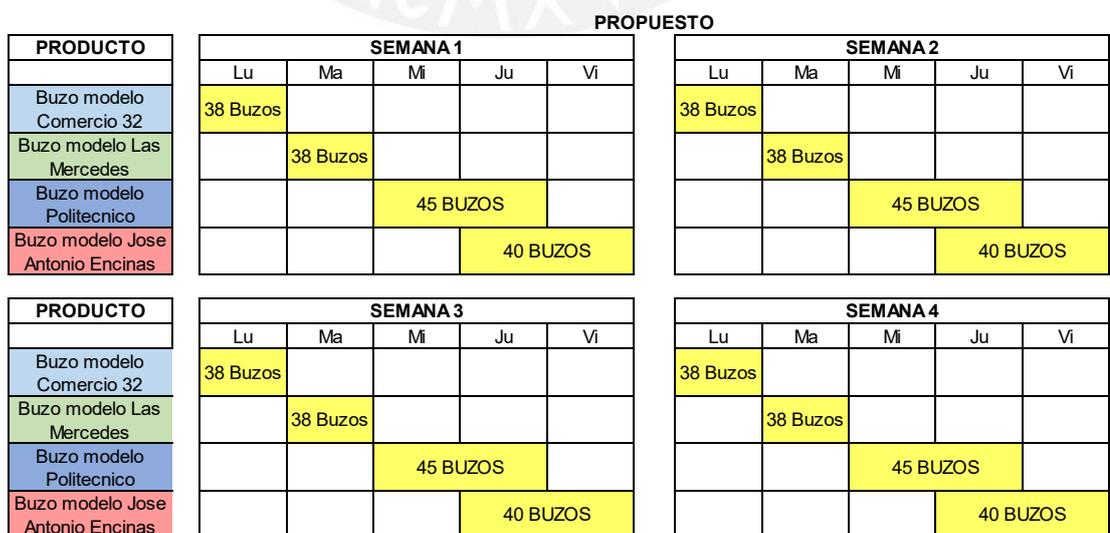


Figura 103: Programación heijunka propuesta para la campaña escolar

La propuesta de Heijunka permitirá disminuir el inventario de 604 buzos a 152 (50%) y el principal ahorro generado es en inventario de producto terminado. Se disminuye el riesgo de quedarse con inventario si el producto no llega a venderse en su totalidad.

#### 5.6. Resultados esperados de las propuestas

Las 5S's aplicadas a toda la empresa optimizará el espacio cúbico ahorrando espacio en almacén, talleres de confección y tiendas comerciales. Mejorará el área de trabajo haciéndolo más cómodo, seguro y limpio. Un lugar ordenado y con espacio cúbico utilizado facilitará la búsqueda de materiales y el control visual de la empresa. Se estima disminuir el tiempo de búsqueda de broches, pitas y campanitas en el área de acabados en 26 minutos. Así como el tiempo de búsqueda de hilos y tela de aplicación para el área de bordado en 3 minutos. (Tabla 44, IDs I3 y E4)

La estandarización beneficiará notablemente a la empresa en el área de producción ya que su correcta implementación permitirá unificar criterios y traducirlos a datos técnicos. Con su correcta implementación se reducirá tiempos innecesarios en los diferentes procesos, entre los más destacados está el tiempo en explicar los detalles del pedido y del modelo a confeccionar (20 min actuales, Tabla 44 ID - I2). También está el tiempo de espera que se produce en la entrega de tela (115 min actuales, Tabla 44 -ID I1) por no tener definidos el consumo de tela por talla. Otro tiempo innecesario es el tiempo de espera por entregar materiales incompletos debido a la inexistencia de una lista de materiales por productos (50 min, Tabla 44 ID-E1) Consecuentemente, la estandarización mejorará la calidad del proceso productivo y del producto. El impacto en la calidad será el ahorro en reprocesos de prendas defectuosas (25 min actuales, Tabla 44, ID D). Así como facilitar el control de calidad, ya que se tendrá un patrón con el cual comparar.

Las propuestas de Kaizen se basan en la mejora continua día a día y con el enfoque basado en el proceso más que en los resultados. Por tanto, el impacto que tiene kaizen será en la cultura organizacional y facilitará la implementación de las dos primeras herramientas. Respecto a la aplicación de kaizen a las instalaciones, el cambio de ubicación de puestos de trabajo reducirá el tiempo de transporte de corte a confección (25 min actuales, Tabla 44, ID-T3)).

Las variaciones en tiempos, ocasionados por las mejoras propuestas, corresponden al lead time de la cadena productiva. Actualmente el lead time es de 5.7 días y con la propuesta se reduce a 5.4 días.

Tabla 44. Estimación de disminución de desperdicios en la familia buzos sin forro

Proceso	Desperdicio	ID	SITUACIÓN ACTUAL		MODELO PROPUESTO		
			Duración		Herramienta propuesta	Tiempo (min)	Variación (min)
Elaboración de molde	Transport	T1	10	min -Traslado		10	0
	Inventario	I1	115	min - Materia prima que no es trasladada desde almacén	Estandarización - cuadro de tela	60	55
Corte	Proceso inadecuado	PI	45	min - Pretrazado		45	0
	Transporte	T2	3	min - Traslado		3	0
	Sobreproducción	S	23.5	min - Se genera para poder abastecer a confección correctamente (desbalance de producción)	Heijunka	0	23.5
	Espera	E1	50	min - Se genera en el traspaso y asignación de prendas cortadas a confección	Estandarización - Establecer lista de materiales	30	20
	Transporte	T3	25	min - Traslado desde corte a confección	Kaizen a las instalaciones	0	25
Confección	Espera	E2	30	min – Petición de materiales complementarios	Diagrama de gant	0	30
	Inventario	I2	20	min – Explicar pedido y modelo a confeccionar	Estandarización - Mejora de hoja de orden de pedido	10	10
	Defecto/Reproceso	D	25	min – Reprocesos por falla en corte	Estandarización - Hoja técnica de corte	0	25
	Transporte	T4	15	min - Traslado desde confección a bordado		15	0
Bordado	Inventario	I3	5	min - Solicitar materiales	5S	2	3
	Espera	E3	5	min - Esperar entrega	Estandarización - Establecer lista de materiales	3	2
	Transporte	T5	10	min - Traslado de bordado a acabado		10	0
Acabado	Espera	E4	26	min - Buscando accesorios	5S	10	16
Total de desperdicio identificado			407.5			198	209.5

Mientras que la Tabla 44 presenta el impacto de cada herramienta en los diferentes procesos de la empresa, vale decir en el lead time. La Tabla 46 y la Figura 104 presentan los resultados esperados en el takt time por cada proceso.

De ese modo se tiene que para el proceso de elaboración de molde se espera reducir el tiempo de proceso de 300 minutos a 245 minutos. En el proceso de corte de 468 minutos a 424.5 minutos. El proceso de confección de casaca de 433.4 minutos a 368.4 minutos. En el proceso de bordado de 63 a 58 minutos. Y en el proceso de acabado de 113.75 minutos a 97.75 minutos.

Visualmente, se puede apreciar en la Figura 105 las variaciones en cada proceso. Se reduce las actividades que no agregan valor y no son necesarias (color verde) Tales cambios reducen el tiempo de ciclo de cada proceso. Siendo los más demorosos, en el futuro escenario, corte con 424.5 minutos y confección con 368.4 minutos. En la Figura también se visualiza el takt time de 390 minutos. Cada mejora en el tiempo de ciclo de proceso incrementará la capacidad de cada proceso.

Si bien el proceso de corte aún no satisface la demanda ( $424.5 > 390$ ) ya puede responder con mayor capacidad y es una mejora válida como primer paso en la implementación de Manufactura Esbelta. En cambio, en el proceso de confección de casaca las mejoras ocasionan que ya pueda responder satisfactoriamente a la demanda.

En síntesis, la Tabla 46 y la Figura 105 ilustran el resultado de las mejoras en los tiempos de ciclo de cada proceso. Las mejoras en la capacidad de producción por cada proceso se detallan en la Tabla 45.

Tabla 45. Impacto en la producción de buzos sin forro

PROCESO	Tiempo en lote de 26 (min)		Capacidad diaria (unid)		VARIACION diaria (unid)	VARIACION diaria (%)	VARIACIÓN MENSUAL (unid)	VARIACIÓN ANUAL (unid)
	ACTUAL	PROPUESTO	ACTUAL	PROPUEST				
Elaboración de molde	300	245	52.0	63.7	11.7	22%		
Corte	468	424.5	33.3	36.7	3.4	10%	68.3	819.8
Confección casaca	433.4	360.9	36.0	43.2	7.2	20%		
Bordado	63	58	247.6	269.0	21.3	9%		
Acabados	113.75	97.75	137.1	159.6	22.4	16%		
<b>TOTAL</b>	<b>1378.15</b>	<b>1186.15</b>	<b>33.33</b>	<b>36.75</b>	<b>3.42</b>	<b>10%</b>	<b>68.32</b>	<b>819.79</b>

La mejora global de las propuestas planteadas es el incremento de 10 % en la capacidad de producción, equivalente a 3.4 buzos diarios, 68 buzos mensuales y 820 buzos anuales.

Las propuestas de mejora planteadas son herramientas de aplicación sencilla y rápida, por lo que se estima que mejorarán las condiciones actuales según lo planteado en la Tabla 45. Adicionalmente, mejorará el control visual, la utilización de espacio y la cultura organizacional.

Por último, se realizó el modelado del sistema de producción en el software Flex Sim para visualizar el flujo del proceso y los cambios propuestos por la redistribución de planta. La captura de pantalla se presenta en las Figuras 104, 106, 107 y 108.

Las Figuras 106 y 107 presentan la situación actual. La producción se realiza en dos talleres ubicados en dos inmuebles diferentes. En cambio, la Figura 104 muestra la propuesta de reubicación de los talleres de confección al local 1 y el proceso de bordado y acabado en el local 2. Tal distribución se puede visualizar mejor en la Figura 108.

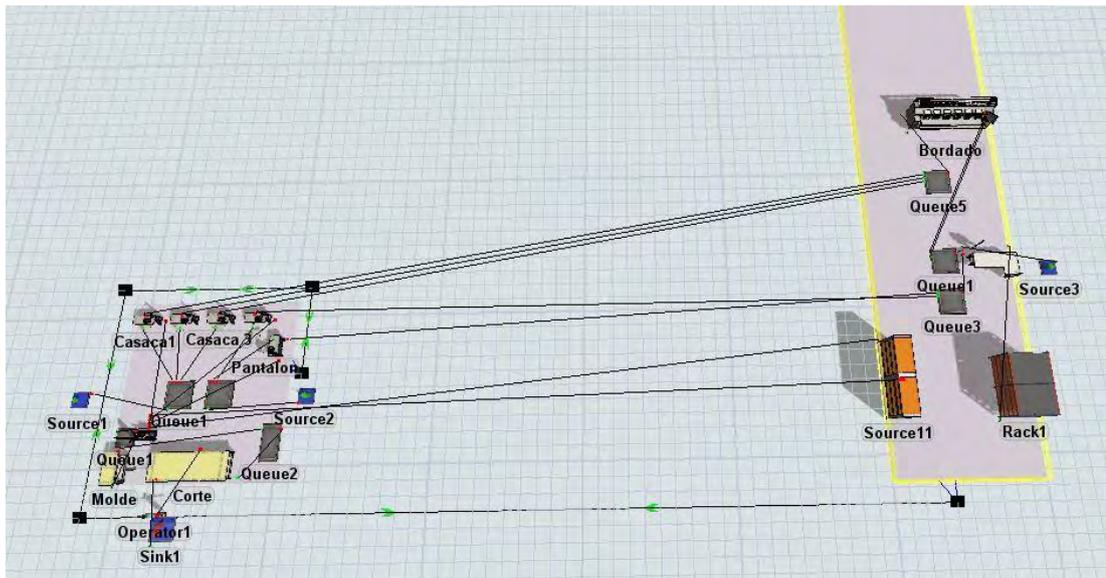


Figura 104. Modelado en software Flex Sim – Vista global

Tabla 46. Estimación de mejoras propuestas en actividades que no agregan valor

PROCESO	Tiempo de actividades por lote de 26 (min)										TOTAL	
	Elaboración de molde		Corte		Confección de casaca		Bordado		Acabado			
Según actividad	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Agregan valor	165	165	316	316	286.3	286.3	45	45	78	78	890.3	890.3
No agregan valor y son necesarias	10	10	22.5	22.5	55	55	8	8	9.75	9.75	105.25	105.25
No agregan valor y no son necesarias	115	60	121.5	78	75	10	10	5	26	10	347.5	163
Otras causas	10	10	8	8	17.1	17.1					35.1	35.1
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>245</b>	<b>468</b>	<b>424.5</b>	<b>433.4</b>	<b>368.4</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>113.75</b>	<b>97.75</b>	<b>1378.15</b>	<b>1193.65</b>
<b>Varaiación</b>		<b>55</b>		<b>43.5</b>		<b>65</b>		<b>5</b>		<b>16</b>		<b>184.5</b>

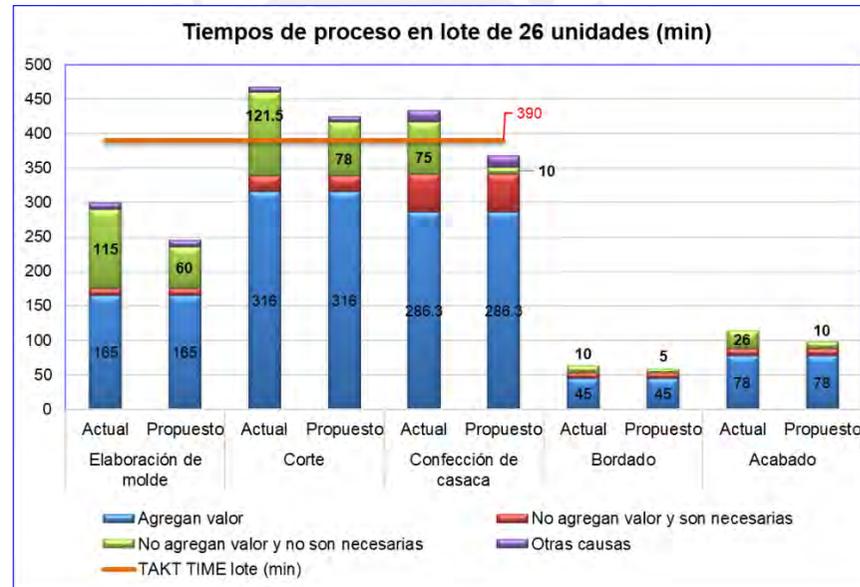


Figura 105. Resultados esperados de las propuestas de mejora

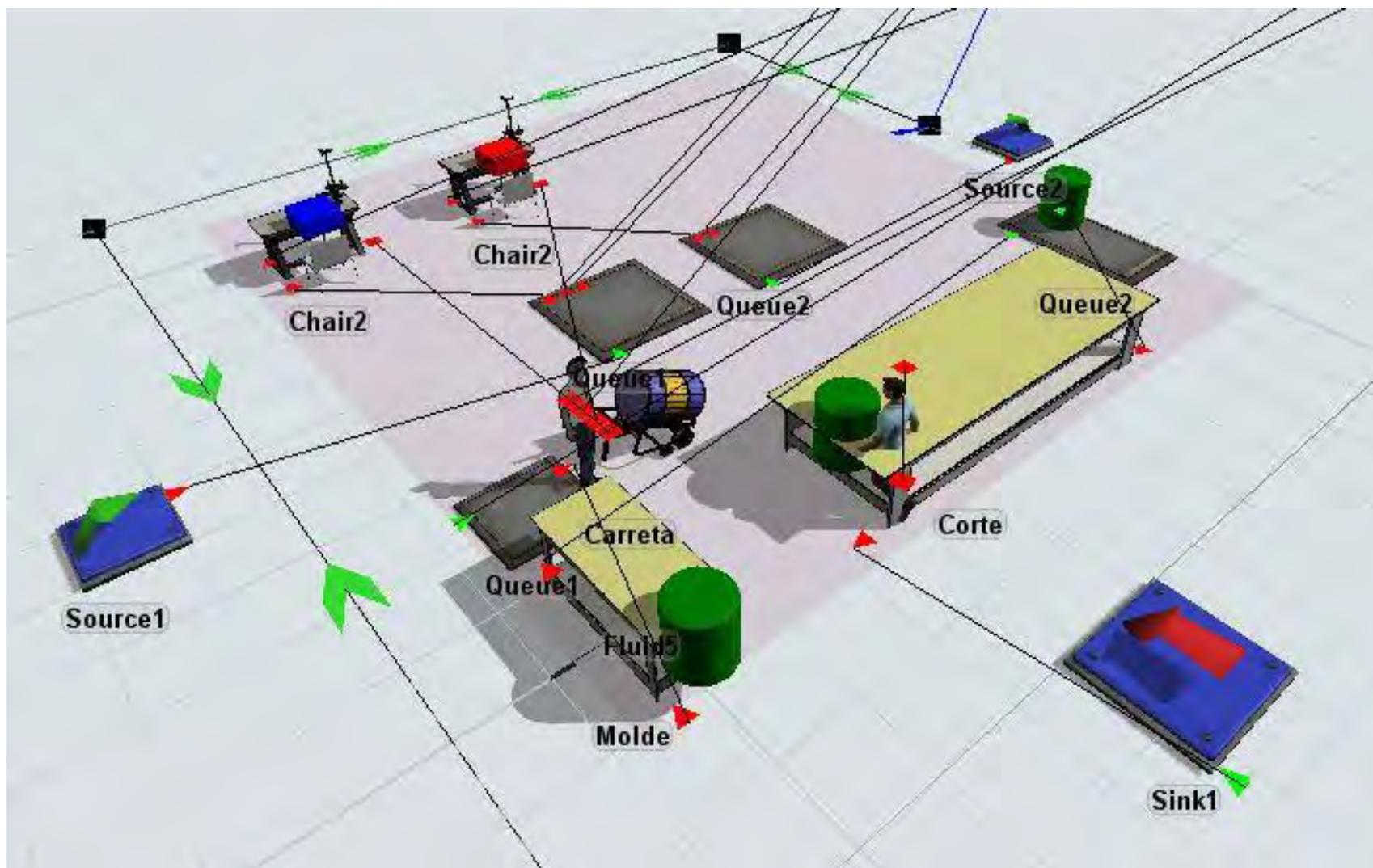


Figura 106. Modelado en software Flex Sim – Taller del local 1

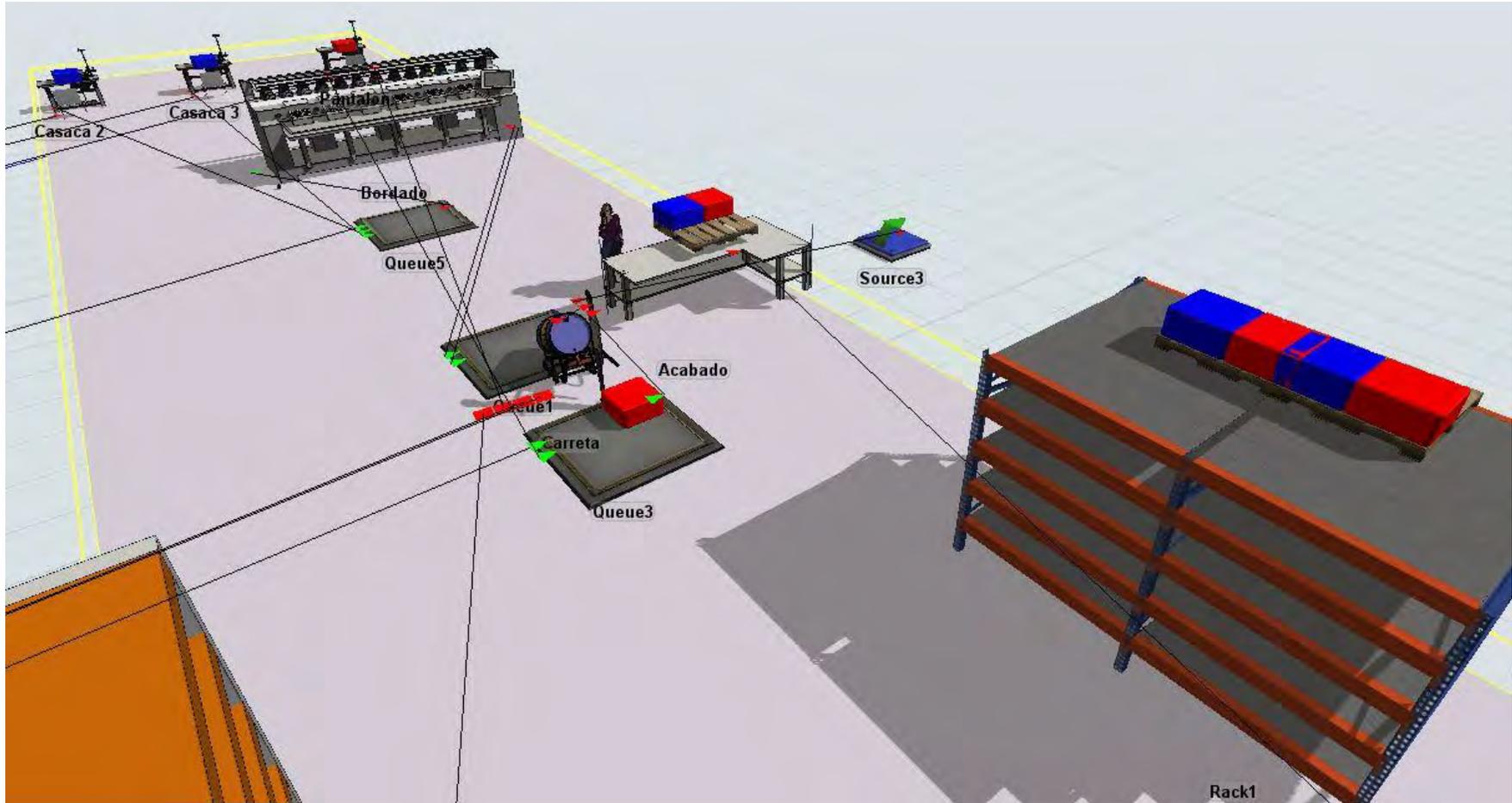


Figura 107. Modelado en software Flex Sim – Local 2

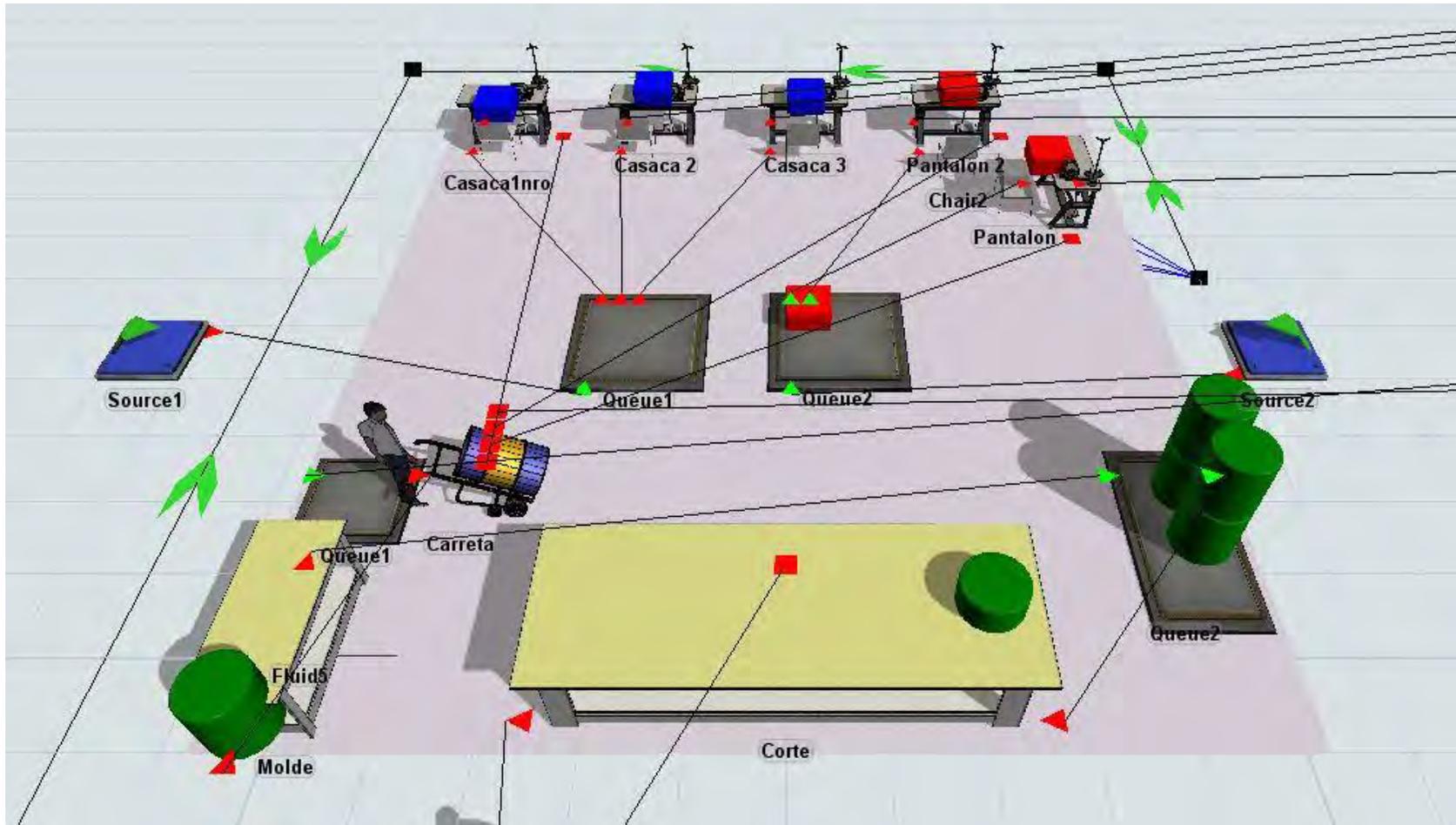


Figura 108. Propuesta de redistribución modelada en software Flex Sim

## Capítulo VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROPUESTAS

Con las propuestas de mejora expuestas en el capítulo anterior se procedió a realizar mejoras globales en la empresa y mejoras puntuales en la producción de la familia de buzo sin forro. En el presente capítulo se realizará la evaluación de la viabilidad económica para la implementación de las mismas mediante la presentación del flujo de caja futuro y cálculo de los principales indicadores económicos.

### 6.1. Inversión

En la Tabla 47 se detalla la inversión en materiales y servicios externos asociados a cada herramienta de manufactura esbelta.

Tabla 47. Costos de materiales y servicios externos en la implementación de Manufactura esbelta

	INVERSIÓN	Cantidad	Monto	Costo Total
	Capacitación Manufactura Esbelta	1	S/ 2,500	S/ 2,500
	Material capacitación Manufactura Esbelta	30	S/ 2.5	S/ 75
5S	Capacitación 5S	1	S/ 2,500	S/ 2,500
	Material capacitación 5S	1	S/ 5	S/ 5
	Inducción al personal	3	S/ 500	S/ 1,500
	Implementación 3 primeras S	3	S/ 500	S/ 1,500
	Tarjetas rojas	1000	S/ 0.5	S/ 500
	Afiches y cartes informativos	20	S/ 25	S/ 500
	Costo supervisión y seguimiento	2	S/ 2,500	S/ 5,000
		Capacitación en estandarización	1	S/ 2,500
Estandarización	Capacitación en patronaje	1	S/ 1,000	S/ 1,000
	Supervisión patronaje y retroalimentación	2	S/ 1,000	S/ 2,000
	Implementación de Nuevo formato para pedidos	1	S/ 250	S/ 250
	Afiches de los nuevos formatos: hoja de medidas, formato de pedido, lista de materiales y cuadro de consumo	10	S/ 30	S/ 300
Kaizen	Capacitación Kaizen - supervisión	3	S/ 3,000	9000
	Material Capacitación Kaizen	30	S/ 2.5	75
	Bono tipo 1 - sistema de sugerencias	4	S/ 500	2000
	Bono tipo 2 - sistema de sugerencias	4	S/ 500	S/ 2,000
	Movimiento de máquinas (redistribución)	1	S/ 250	250
	<b>TOTAL</b>		S/	<b>33,455</b>

La inversión total asciende a 33,455 soles los cuales serán desembolsados durante el primer año de implementación y según el cronograma presentado en la propuesta de mejora.

Adicionalmente se debe considerar el consumo de horas hombre que involucra la implementación del proyecto.

## 6.2. Consumo de horas hombre del proyecto

En la Tabla 48 se detalla el consumo de tiempo, en días, asociado al personal durante la implementación de las 5S's. También se detalla el área en el que se aplica la herramienta y finalmente el consumo total de tiempo en el lado derecho. Por ejemplo, la actividad Clasificar-tarjeta roja y disposición se realiza en cada área en diferentes semanas y su duración es de 0.5 días. Respecto al consumo total, para el caso de Corte y confección se tiene una inversión en tiempo de 3.57 días en implementar 5S. A ello debemos añadir 1 día de capacitación, como resultado 4.57 días.

Tabla 48. Descripción del consumo de tiempo semanal en la implementación de 5S's

INVERSIÓN EN TIEMPO (días)		MES 1				MES 2				MES 3				Consumo (días)
		SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	
Todos	Capacitación 5S	1												1
Áreas: Adminstración, acabados y bordado	Inducción administración y acabados		0.5											0.5
	Clasificar - tarjeta roja y disposición			0.5										0.5
	Ordenar - asignación de lugares				0.5									0.5
	Limpieza y verificación					0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8
	Estandarización - supervisión interna						0.25			0.25			0.25	0.75
	Disciplina - supervisión externa								0.1				0.1	0.2
Áreas: Comercial, tiendas y almacén	Inducción tiendas, almacén y comercial		0.5											0.5
	Clasificar - tarjeta roja y disposición			0.5										0.5
	Ordenar - asignación de lugares				0.5									0.5
	Limpieza y verificación					0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7
	Estandarización - supervisión interna						0.25			0.25			0.25	0.75
	Disciplina - supervisión externa								0.1				0.1	0.2
Áreas: Corte Confección	Inducción corte y confección			0.5										0.5
	Clasificar - tarjeta roja y disposición				0.5									0.5
	Ordenar - asignación de lugares					0.5								0.5
	Limpieza y verificación						0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.12
	Estandarización - supervisión interna							0.25		0.25			0.25	0.75
	Disciplina - supervisión externa								0.1				0.1	0.2

### Legenda

Capacitación		Inspección interna		Inspección externa	
Ejecución					

En la Tabla 49 se presenta el resumen de consumo en días para cada área, con esa información procederemos a estimar el costo por consumo de horas hombre.

Tabla 49. Consumo de tiempo por área en implementación de 5S's

RESUMEN	Consumo de tiempo (días)
Administración	4.25
Acabados	4.25
Bordado	4.25
Comercial	4.15
Corte y confección	3.57

Finalmente, en la Tabla 50 se presenta el costo asociado al personal durante la implementación de las 5S. El costo en inversión de horas hombre es de 4779.8

Tabla 50. Costo de implementar 5S atribuido al personal.

	Puesto	Salario	Costo día	Consumo (días)	Cant	Costo programa
Áreas: Administración	Administradora	3000	125	4.25	1	531.25
Áreas: Comercial, tiendas y almacén	Jefe de ventas	1500	62.5	4.15	1	259.375
	Vendedores	1000	41.7	4.15	2	346.11
	Cajero	1200	50	4.15	1	207.5
	Almacén	930	38.8	4.15	1	161.02
Áreas: Corte Confección	Costura	1000	41.7	3.57	10	1488.69
	Corte	1200	50	3.57	4	714
	Habilitador	930	38.8	3.57	1	138.516
	Encargado	1200	50	3.57	1	178.5
Áreas: Acabados y bordado	Bordado	1200	50	4.25	2	425
	Acabados	930	38.8	4.25	2	329.8
<b>TOTAL</b>					<b>26</b>	<b>4779.8</b>

De similar manera se presenta la Tabla 51 donde se detalla el consumo de tiempo del personal para la implementación de la estandarización. En la Tabla 53 se presenta el resumen de consumo de tiempo por cada área. En la Tabla 54 se detalla el costo asociado al personal durante la implementación de estandarización. El costo de implementar estandarización asciende a 10,306.8 soles

Por último, para el caso de implementación de Kaizen se presentan las Tablas 52, 55 y 56 donde se detalla el consumo de tiempo del personal para la implementación de la estandarización, el resumen de consumo de tiempo por cada área y el costo asociado al personal durante su implementación. El costo en personal de implementar Kaizen es 7098.7 soles.

La inversión en horas hombre para todo el proyecto asciende a 22,186 soles.

Tabla 51. Descripción del consumo de tiempo semanal en la implementación de estandarización

INVERSIÓN EN TIEMPO (días)		MES 1				MES 2				MES 3				Consumo (días)		
		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12			
Todos	Capacitación Estandarización	1													1	
Tiendas, corte y confección	Capacitación en patronaje		1												1	10.2
	Implementación de medidas estándar		0.6	0.6	0.6	0.6									2.4	
	Verificación de control y retroalimentación				0.5			0.5	1			0.5	1		3.5	
	Capacitación nuevo formato				0.5										0.5	
	Implementación de nuevo formato				0.6	0.6	0.6								1.8	
Habilitador y acabados	Verificación de control y retroalimentación							0.5					0.5		1	
	Capacitación lista de materiales y estándares							0.5							0.5	
	Implementación lista de materiales							0.6	0.6						1.2	
Almacén	Verificación de control y retroalimentación												0.5		1	
	Implementación hoja de consumo de tela								0.6						0.6	

Legenda

Capacitación	Inspección interna	Inspección externa
Ejecución		

Tabla 52. Descripción del consumo de tiempo semanal en la implementación de Kaizen

INVERSIÓN EN TIEMPO (días)		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				Consumo (días)
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	
Todos	Capacitación Kaizen	1								1							1									3
Administración	Implementación Kaizen administración		3																							3
Todos	Charla general y formación de equipos de trabajo			0.5																						0.5
Producción	Implementación Kaizen operativo				0.5		0.5				0.5			0.5				0.5				0.5				3
Todos	Implementación sistema de sugerencias					0.5																				0.5
Administración	Evaluación de propuesta de sugerencias							0.5			0.5			0.5				0.5			0.5			0.5		2.5
Todos	Implementación de sugerencia seleccionada								1				1				1					1				4
Administración	Evaluación de kaizen								*								*									0
Producción	Nueva distribución del taller por familia de producto					1																				1

Legenda

Capacitación	Inspección interna	Inspección externa	Sugerencias de Kaizen
Ejecución			

\* Las inspecciones externas serán simultaneo a la capacitación

Tabla 53. Consumo de tiempo por área en implementación de estandarización

RESUMEN	Consumo (días)
Corte y confección	11.2
Tiendas	11.2
Habilitador y acabados	3.7
Almacén	2.6

Tabla 54. Costo asociado al personal en la implementación de estandarización

	Puesto	Salario	Costo día	Consumo (días)	Cant	Costo programa
	Administradora	3000	125	1	1	125
Tiendas	Jefe de ventas	1500	62.5	11.2	1	700
	Vendedores	1000	41.7	11.2	2	934.1
	Cajero	1200	50	1	1	50
Almacén	Almacenero	930	38.8	2.6	1	62.1
Corte y confección	Costura	1000	41.7	11.2	10	4670.4
	Corte	1200	50	11.2	4	2240
	Habilitador	930	38.8	14.9	1	578.1
	Encargado pedidos	1200	50	11.2	1	560
	Bordado	1200	50	1	2	100
	Acabados	930	38.8	3.7	2	287.1
<b>TOTAL</b>					<b>26</b>	<b>10306.8</b>

Tabla 55. Consumo de tiempo por área en implementación de Kaizen

RESUMEN	Consumo (días)
Todos	8
Administración	5.5
Producción	4

### 6.3. Ahorros y mejoras esperadas

Con los cambios propuestos se espera reducir los desperdicios, especialmente de las actividades que no agregan valor y no son necesarias en la producción de buzos sin forro. En la Tabla 26 se presentó el impacto que tendrán los cambios en la capacidad de producción de cada proceso, se espera incrementar la capacidad diaria en 3.4 buzos equivalente a 68 buzos mensuales y 820 buzos anuales. El incremento

en la producción será reconocido como ingresos extras por la implementación del proyecto de mejora y será considerado en la evaluación económica.

Tabla 56. Costo asociado al personal en la implementación de estandarización

Puesto	Salario	Costo día	Consumo (días)	Cant	Costo programa
Administradora	3000	125	13.5	1	1687.5
Jefe de ventas	1500	62.5	8	1	500
Vendedores	1000	41.7	8	2	667.2
Cajero	1200	50	8	1	400
Almacén	930	38.8	8	1	310.4
Costura	1000	41.7	4	10	1668
Corte	1200	50	4	4	800
Habilitador	930	38.8	4	1	155.2
Encargado pedidos	1200	50	4	1	200
Bordado	1200	50	4	2	400
Acabados	930	38.8	4	2	310.4
<b>TOTAL</b>				<b>26</b>	<b>7098.7</b>

#### 6.4. Costo de oportunidad

Para la evaluación económica del proyecto se considerará una tasa de costo de oportunidad estimada acorde a la situación del empresario peruano. Lo ideal es evaluar con el WACC (costo promedio de capital), sin embargo, la inversión es para un proyecto de mejora interno, por lo que se realizará con capital de la empresa. Al quedar capital de la empresa, es preciso estimar el Costo de oportunidad, para lo cual se presenta la Tabla 57.

Tabla 57. Estimación de costo de oportunidad

COK = Rf + BETA(Rm-Rf) + Rp				COK
Rf:	BETA	Rm-Rf	Rp	
Tasa Libre de Riesgo	Coefficiente de riesgo específico	Prima de riesgo promedio del mercado	Riesgo país	
5.26%	0.92	13.00%	1.18%	18.40%

## 6.5. Flujo de caja proyectado

En la Tabla 58 se presenta el flujo de caja proyectado, incluyendo, en la parte superior los ingresos generados por incremento de capacidad y por otro lado los egresos por la implementación del proyecto.

La inversión inicial sería en Manufactura esbelta y 5S para los 3 primeros meses y Estandarización para los 3 siguientes. (Detalle en la Tabla 29)

Posterior al 6to mes se espera mejorar los resultados, por ello se considera el incremento de capacidad desde el 7mo mes. Al mismo tiempo que iniciaría la implementación de Kaizen y el registro de sus egresos dentro del año 1.

Por último, para la implementación del proyecto corresponde formar un equipo Lean de dedicación exclusiva al proyecto conformado por un analista y un practicante a quienes les correspondería el sueldo de 2000 y 1000 soles respectivamente.

Tabla 58. Flujo de caja del proyecto

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>INGRESOS</b>						
Cantidad Incrementada		410	820	820	820	820
Precio		S/ 75	S/ 75	S/ 80	S/ 80	S/ 80
Ventas		S/ 30,750	S/ 61,500	S/ 65,600	S/ 65,600	S/ 65,600
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>S/ 30,750</b>	<b>S/ 61,500</b>	<b>S/ 65,600</b>	<b>S/ 65,600</b>	<b>S/ 65,600</b>
<b>EGRESOS</b>						
Materia Prima (28.8 por unidad)		S/ 11,808	S/ 23,616	S/ 26,568	S/ 26,568	S/ 26,568
Bono por producción		S/ 1,230	S/ 2,460	S/ 2,870	S/ 2,870	S/ 2,870
Inversión inicial en Lean y 5S	S/ 14,080					
Inversión inicial en Estandarización	S/ 10,307					
Inversión inicial en Kaizen		S/ 13,325				
Inversión de mano de obra		S/ 22,186				
Equipo lean (analista y practicante)		S/ 36,000				
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>S/ 24,387</b>	<b>S/ 84,549</b>	<b>S/ 26,076</b>	<b>S/ 29,438</b>	<b>S/ 29,438</b>	<b>S/ 29,438</b>
<b>FLUJO DE CAJA DEL PERIODO</b>	<b>-S/ 24,387</b>	<b>-S/ 53,799</b>	<b>S/ 35,424</b>	<b>S/ 36,162</b>	<b>S/ 36,162</b>	<b>S/ 36,162</b>

La evaluación económica dio como resultado los siguientes indicadores:

- COK 15.6%
- VAN S/16,673.33
- TIR 25.3%
- Periodo de recuperación 1.83 años
- Periodo de recuperación 22 meses

## Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

El trabajo desarrollado tiene como finalidad proponer mejoras en el proceso de producción de una mype, puesto que según lo desarrollado en el capítulo 3, existen pequeñas empresas con potencial a crecer, pero que al mismo tiempo carecen de conocimiento de herramientas de gestión y mejora de procesos.

La herramienta Mapeo de Flujo de valor (VSM en inglés) permitió visualizar e identificar el proceso crítico de corte. Este proceso marca el ritmo de producción de la empresa y limita la capacidad a 33 buzos diarios. La demanda diaria actual corresponde a 40 buzos.

La descomposición del tiempo de producción en actividades que agregan y no agregan valor permitió identificar los desperdicios y asociar el impacto que tienen en el proceso productivo. Tal descomposición facilita y complementa a la herramienta de los 5 por qué para encontrar causas y efectos en los problemas y desperdicios. Se optó por herramientas sencillas y prácticas como 5S, estandarización y Kaizen debido a la facilidad de su implementación y al bajo costo que representan en comparación de otras herramientas más sofisticadas y complicadas al implementar. Considerando que las pequeñas empresas no disponen de grandes capitales de trabajo.

Las propuestas realizadas son económicamente viables con una inversión inicial de 24,387 soles para 5S y estandarización y 71,511 soles en el primer año que incluyen la inversión en kaizen, costos de mano de obra e inversión en un equipo lean brindan un rendimiento positivo con una TIR de 25.3% y un VAN de 16,673 soles.

### 7.2. Recomendaciones

Para realizar la implementación exitosa del proyecto es importante la participación de todas las personas en la empresa. Empezando por la predisposición de la administración al cambio y continuando con desplegar la visión, misión y objetivos de la empresa a todos los involucrados. Posteriormente informar el contenido, la importancia, objetivos y resultados esperados del proyecto para lograr el compromiso y participación de todos los involucrados.

En la implementación de las 5S se recomienda verificar y evaluar el avance y la disciplina de cada área. En estandarización se recomienda obtener capacitación en externa para mejorar la ejecución de procesos. En la implementación de Kaizen se recomienda fomentar el compromiso de las personas con la empresa.

Se recomienda implementar un ERP básico para gestionar adecuadamente la planificación y ejecución de pedidos. Mejora el manejo de información, datos y abre oportunidad para aplicar herramientas de analytics en el giro del negocio.

Por último, se recomienda continuar el proceso de mejora continua, que dará apertura a nuevas oportunidades de mejora y la aplicación de nuevas herramientas como son el justo a tiempo, el kanban y la reingeniería de procesos.



## Referencias

- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Pinto Ferreira, L., & Silva, F. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing* (13), 1120-1127.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Collantes Champi, T. (2018). Análisis y propuesta de mejora en el proceso de lavado y teñido de prendas de vestir aplicando herramienta Lean Manufacturing e Investigación de Operaciones. *Tesis Ingeniería Industrial*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Crisostomo Balvin, M., & Sánchez Gutierrez, A. (2018). Propuesta de mejora en la confección de vestir femenina de pyme mediante la aplicación de la metodología lean six sigma y herramientas VSM, 5S'S y distribución de la planta. *Tesis Ingeniería Industrial*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*. Barcelona: Bresca Editorial.
- Cuevas Pineda, J. (2017). Posicionamiento de las mypes del sector de confecciones textil en la provincia de San Román - Juliaca. *Tesis de Maestría y gestión Estratégica*. Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui.
- Flores Philipps, W. E. (2017). Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando mejora continua, técnica SMED y 5S en una empresa de confecciones. *Tesis Ingeniería Industrial*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Gutiérrez Apaza, F. E. (2015). Factores que influyen en la rentabilidad de las microempresas de confección textil: Puno - 2014. *Tesis de Licenciatura*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Herramientas del Lean Manufacturing*. (20 de Noviembre de 2019). Obtenido de Leanmanufacturing10: <https://leanmanufacturing10.com/desperdicios-lean-manufacturing>
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual*. New York: Productivity Press.
- Imai, M. (2001). Kaizen La clave de la ventaja competitiva. En J. Campos, *Lean Manufacturing* (págs. 35-50). Mexico: Continental.
- Liker, J. (2010). *Las claves del éxito de Toyota*. Barcelona: Grupo Planeta.

- Maarof, M. G., & F. M. (2016). A review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*. Retrieved from ScienceDirect:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567116000654?via%3Dihub>
- Mlkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standarization - one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering* 149, 329-332.
- Neves, P., Silva, F., Ferreira, L., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, A. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696-704.  
 doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Restrepo Velez, L. (21 de Noviembre de 2017). *Blog Productividad y competitividad*. Obtenido de MInuto de Dios Industrial: <http://mdc.org.co/desperdicios-lean-manufacturing/>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Observar para crear valor*. Massachusetts.
- Tesfaye, Y., & Panghal, D. (Setiembre de 2017). Reduction in production time via VSM: A case study. *International Journal of Advanced Science and Research*, 2, 69-76. doi:[doi.org/10.22271/allscience](https://doi.org/10.22271/allscience)
- Tornos, I., & Juanes, B. (Junio de 2005). *Grupo Galeano*. Obtenido de Identificar el despilfarro: el mapa del flujo de valor:  
<https://eddymercado.files.wordpress.com/2013/05/identificar-el-despilfarro-el-mapa-de-flujo-de-valor.pdf>
- Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.