



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROPUESTA PARA AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA  
DE CONFECCIÓN DE BATAS DE CIRUJANO EN EMPRESA TEXTIL  
FAMEDIC UTILIZANDO TRABAJO ESTANDARIZADO

AUTOR

Mateo Xavier Crespo Beltrán

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROPUESTA PARA AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE  
CONFECCIÓN DE BATAS DE CIRUJANO EN EMPRESA TEXTIL  
FAMEDIC UTILIZANDO TRABAJO ESTANDARIZADO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor guía

Msc. Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo

Autor

Mateo Xavier Crespo Beltrán

Año

2017

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo  
Master en Ingeniería Industrial  
CC: 1705310280

## **DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Edison Rubén Chicaiza Salgado  
Master in Business Administration  
CC: 1710329036

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Mateo Xavier Crespo Beltrán

CC: 1723250203

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia y amigos por formar parte de mi vida y acompañarme en esta etapa muy enriquecedora.

## **DEDICATORIA**

A mi padre ya que gracias a su dedicación y empeño este sueño se hizo realidad. Desde el cielo sigue velando por nosotros, su familia.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación desarrolla la propuesta de aumento de productividad en el producto batas de cirujano en la empresa textil FAMEDIC con el uso de la herramienta de trabajo estandarizado. Esta propuesta se desarrolla en los procesos de confección, remate y sellado y se enfoca en aumentar la productividad de 1600 batas en 9 horas de trabajo a 1800 batas en 8 horas de trabajo sin hacer uso de horas suplementarias y horas extras.

Para ello, el trabajo inicia en el levantamiento de la información necesaria tal como el levantamiento de procesos, estudio de tiempos y distribución de la planta. Esta situación actual fue representada en dos herramientas; una es el VSM, o mapa de la cadena de valor, y la otra es la representación haciendo uso de un programa informático de simulación.

La solución para aumentar la productividad consistió en una correcta distribución del módulo de confección, optimización de las actividades del proceso de remate, planificación de requerimiento de materiales, MRP, y mejoras en la cultura de calidad. Estas soluciones representan una mejora rápida y que no requieren tener que realizar inversiones considerables.

Por último, se realizó un análisis de resultados y se confirmó que la mejora era posible gracias a la simulación de la situación propuesta. Los resultados arrojaron que el aumento en la productividad sería de un 27% y las ganancias netas mensuales aumentarían entre un 14% y 15%.



## **ABSTRACT**

This paper develops a proposal of increasing productivity in the product Surgeon Gowns from the textile company FAMEDIC using the Standardized Work tool. The scope of this project is developed in the sewing, finishing and sealing processes. It seeks and focuses on increasing productivity from 1600 gowns in 9 hours of work to 1800 gowns in 8 hours of work.

The work starts in gathering information such as knowing the processes and activities, time study and plant distribution. This information is represented into two different tools; One is the VSM, or value stream mapping, and the other one is the rendering using a computer simulation program.

The solution to increase productivity consisted in a correct distribution of the manufacturing module, optimization of the activities in the finishing process, planning using the MRP tool, or material requirements planning tool, and improvements in the quality culture. These solutions represent a rapid improvement and do not require any considerable investment.

Finally, in the result analysis, it was confirmed that the improvement was possible. Also, it was validated by the simulation of the improvements. The results showed that productivity would increase a 27% and net monthly profits would also increase between 14% to 15%.

# ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción .....	1
1.1 Antecedentes de la empresa FAMEDIC .....	1
1.2 Cartera de Productos.....	2
1.3 Ubicación.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Justificación del problema.....	4
1.6 Objetivos.....	6
1.6.1 Objetivo General .....	6
1.6.2 Objetivos específicos .....	7
2. Capítulo II. Marco Teórico.....	7
2.1 Gestión por procesos.....	7
2.1.1 Proceso .....	8
2.1.1.1. Diagrama de flujo del proceso .....	8
2.1.1.2. Gráfico de proceso .....	10
2.1.1.3. Diagrama de espagueti.....	11
2.2 Medición del trabajo.....	12
2.2.1 Tiempo Normal.....	13
2.2.1.1. Calificaciones.....	13
2.2.2 Tiempo estándar .....	15
2.2.2.1. Suplementos.....	16
2.3 Indicadores .....	16
2.3.1 Productividad.....	16
2.3.2 Eficacia.....	17
2.3.3 Eficiencia .....	17
2.4 Mejoramiento Continuo <i>KAIZEN</i> .....	17
2.5 Manufactura esbelta <i>LEAN</i> .....	18
2.5.1 Value Stream Mapping (VSM).....	19
2.5.2 Cinco eses (5 S's).....	22
2.5.3 Teoría de restricciones (TOC).....	23

2.5.4	Trabajo estandarizado.....	24
2.5.4.1.	Balanceo de líneas .....	26
2.5.4.2.	Tiempo <i>Takt</i> .....	27
2.5.4.3.	Capacidad del proceso .....	27
2.5.4.4.	Hojas de trabajo estandarizado HTE .....	28
2.5.4.5.	Hoja de elemento de trabajo HET .....	29
2.5.4.6.	Hoja de actividad estándar HAE .....	29
2.5.4.7.	Hoja de instrucción de actividad HIA .....	30
2.6	Estadística .....	30
2.6.1	Distribución normal.....	30
2.6.2	Prueba de Kolmogorov-Sminov.....	31
<b>3.</b>	<b>Capítulo III. Situación Actual.....</b>	<b>31</b>
3.1	Situación actual .....	31
3.2	Distribución de la planta.....	31
3.3	Levantamiento de procesos.....	32
3.3.1	Área de confección.....	33
3.3.1.1.	Confección de puños y mangas.....	34
3.3.1.2.	Unión de mangas y cuerpo de bata .....	35
3.3.1.3.	Confección de mangas hasta hombro .....	36
3.3.1.4.	Unión/Pegado de tiras .....	36
3.3.1.5.	Confección del ribete de cuello.....	37
3.3.2	Remate y doblado .....	38
3.3.2.1.	Estirado de la bata.....	38
3.3.2.2.	Doblado y enfundado.....	40
3.3.3	Sellado .....	40
3.4	Estudio de tiempos .....	41
3.4.1	Tiempos estándar en confección.....	42
3.4.2	Tiempos estándar en remate.....	44
3.4.3	Tiempos estándar en sellado .....	45
3.4.4	Pared de balanceo de línea.....	45
3.5	Diagrama de procesos.....	47
3.6	VSM del producto batas de cirujano .....	47

3.6.1	VSM .....	49
3.7	Simulación actual.....	50
3.7.1	Evaluación Experfit de proceso Mangas-hombro .....	51
3.7.2	Evaluación Experfit de proceso Ribete de cuello .....	52
3.7.3	Evaluación Experfit de proceso Enfundado.....	52
3.8	Principales hallazgos y oportunidades de mejora. ....	53
3.8.1	Confección .....	53
3.8.2	Remate.....	54
3.8.3	Sellado .....	54
3.8.4	VSM .....	55
4.	Capítulo IV. Propuesta de Mejora .....	55
4.1	Propuesta de mejora .....	55
4.2	Familia de productos .....	55
4.3	Mejora del módulo de batas de cirujano .....	57
4.3.1	Distribución.....	58
4.3.2	Mejora en confección .....	59
4.3.3	Mejora en Remate.....	60
4.3.4	Mejoras físicas .....	62
4.3.5	Planificación .....	64
4.3.5.1.	Planificación del sellado .....	71
4.3.6	Mejoras de cultura (5 S`s y calidad) .....	72
4.4	VSM Propuesto.....	75
4.5	Trabajo estandarizado .....	76
4.5.1	Trabajo cíclico .....	76
4.5.2	Trabajo no cíclico .....	77
4.6	Plan de mejora .....	78
5.	Capítulo V. Análisis de Resultados.....	79
5.1	Análisis de resultados.....	79
5.2	Beneficio en tiempo .....	79
5.2.1	Tiempo de valor agregado .....	79
5.2.2	Tiempo de turno vs producción .....	82

5.3	Beneficio en capacidad de la línea .....	83
5.4	Beneficio económico.....	87
5.5	Simulación propuesta .....	90
6.	Conclusiones y recomendaciones .....	96
6.1	Conclusiones .....	96
6.2	Recomendaciones .....	100
	REFERENCIAS.....	102
	ANEXOS .....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cartera de productos DHISVE. ....	3
Figura 2. Ubicación tomada de Google Maps. ....	4
Figura 3. Imagen de producto en proceso en el suelo. ....	6
Figura 4. ¿Qué es un proceso? .....	8
Figura 5. Ejemplo de formato de un gráfico de proceso.....	11
Figura 6. Ejemplo de un diagrama de espagueti .....	12
Figura 7. Productividad en relación con la eficiencia y eficacia.....	17
Figura 8. Ocho desperdicios de la metodología Lean. ....	19
Figura 9. Simbología utilizada en un VSM .....	21
Figura 10. Ejemplo de un VSM.....	22
Figura 11. Cinco eses. ....	23
Figura 12. Mapa mental explicación trabajo estandarizado.....	25
Figura 13. Proceso de implementación de trabajo estandarizado.....	26
Figura 14. Distribución del piso de producción.....	32
Figura 15. Máquinas de confección y ultrasonido. ....	34
Figura 16. Diagrama de flujo proceso puños y mangas. ....	34
Figura 17. Costurera en proceso de puños y mangas.....	35
Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de unión mangas y cuerpo de bata .	35
Figura 19. Costurera en proceso de unión de cuerpo y mangas.....	36
Figura 20. Diagrama de flujo de proceso de mangas hasta hombro. ....	36
Figura 21. Diagrama de flujo de proceso de pegado de tiras.....	37
Figura 22. Diagrama de flujo de proceso de ribete de cuello. ....	37
Figura 23. Costurera en proceso de ribete de cuello.....	38
Figura 24. Rematadora en proceso de estirar bata sobre la mesa.....	39
Figura 25. Rematadora en proceso de estirado y apilado de batas. ....	40
Figura 26. Fotografía del área de sellado.....	41
Figura 27. Gráfico de pared de balanceo. ....	47
Figura 28. Mapa de la cadena de valor VSM del producto bata de cirujano. ...	49
Figura 29. Resultados de tiempo de procesamiento e ineficiente por Flexsim.	50

Figura 30. Modelo 3D de la simulación actual de la línea de confección de batas.....	51
Figura 31. Comprobación Kolmogorov-Sminov test proceso Mangas-Hombro	52
Figura 32. Comprobación Kolmogorov-Sminov test proceso Ribete de cuello.	52
Figura 33. Comprobación Kolmogorov-Sminov test proceso de Enfundado ....	53
Figura 34. Comparación módulo actual a módulo futuro.....	60
Figura 35. Pared de balanceo procesos Confección y Remate.....	61
Figura 36. Lista de materiales para una caja de batas de cirujano sellada.....	66

# 1. Capítulo I. Introducción

## 1.1 Antecedentes de la empresa FAMEDIC

La empresa FAMEDIC es una empresa ecuatoriana que se ha especializado, desde 1997, en la producción de lencería descartable para quirófanos, médicos, pacientes, entre otras. Entre su catálogo de productos están batas de paciente, batas de cirujano, botas con antideslizante, baberos, equipos quirúrgicos, entre otros. En su inicio, la empresa estaba situada en la planta baja de la casa del gerente general, lo cual abastecía una demanda reducida. A partir de 2015, la empresa cambió de planta a una de mayor tamaño y capacidad, con todos los requerimientos necesarios para poder crecer y ofrecer productos con mayor calidad y en mayor cantidad a sus clientes. Actualmente están certificados en dos normas ISO que son la ISO 9001:2008 e ISO 13485:2012, que son sistemas de gestión de la calidad y en específico para equipos médicos.

Hoy en día, el ser competitivos en el ámbito industrial es combinar varios aspectos que las organizaciones deben tener muy en cuenta a la hora de ser reconocidos y ganar mayor cantidad de clientes. Entre estos aspectos está la calidad de los productos y servicios, el cumplimiento en las entregas en fechas y cantidad, capacidad productiva, entre otras. De igual forma, deben velar por el cuidado interno de la organización que consiste en mantener una cultura organizacional enfocada al cliente ya sea interno o externo, salud y seguridad ocupacional, programas de recompensas, para así mostrarse como una empresa atractiva para el mercado laboral.

Frederick W. Taylor, mecánico americano, quién inició la Escuela de Administración Científica, desarrolló la aplicación de métodos científicos a problemas de administración en las industrias, con el objetivo de alcanzar una alta eficiencia. Esto resultó en dividir los procesos en pequeñas tareas y balancear el trabajo entre los empleados. Las características de implementar la administración científica en las organizaciones prometían tener salarios altos y bajos costos unitarios de producción, aplicar métodos científicos con el fin de establecer un estándar en los procesos, los



empleados eran sencillos de entrenar y se cultivaba una cultura de cooperación mutua entre los trabajadores y la gerencia (Rony García, 2009).

Además, otra de las metodologías muy importantes hoy en día es la metodología LEAN. Esta está basada en el Sistema de Producción Toyota desarrollada por el japonés Taiichi Ohno y Shigeo Shingo en 1988 (Gutiérrez, 2010). Y habla de la importancia de identificar todo el desperdicio que tengan los procesos y obtener una industria *lean*, libre de grasa (haciendo referencia al desperdicio) o esbelta. Entre los desperdicios se identificó siete tipos que son: Sobreproducción, trasportación, esperas, inventarios, sobre procesamiento, re trabajos y movimientos innecesarios.

La Organización Internacional de Estandarización, ISO por sus siglas en inglés, nace con la idea de estandarizar los procesos en las industrias y dar reconocimiento a todas aquellas organizaciones que mantengan un adecuado manejo de sus procesos. Hoy por hoy, las empresas certificadas en ISO manejan altos estándares de calidad, seguridad o ambiente y buscan la mejora continua de sus procesos; siendo así más competitivos.

El ser eficientes significa optimizar recursos y en conjunto con la eficacia, la cual corresponde al cumplimiento de objetivos, es lo que las organizaciones de hoy deben buscar como fin. Eliminar desperdicios y desarrollar el correcto orden y cantidad de actividades por puestos de trabajo es clave para llegar a este objetivo. En conclusión, el trabajo estandarizado es una herramienta poderosa para aumentar la eficiencia y eficacia en las organizaciones.

## **1.2 Cartera de Productos**

En FAMEDIC la marca de comercialización es DHISVE, la cual tiene una gran variedad de productos de material descartable que se dividen en grandes familias que son las siguientes:



QUIRÚRGICOS DESCARTABLES



CAMPOS DESCARTABLES

BATAS, DELANTALES Y TRAJES  
DESCARTABLES

SÁBANAS DESCARTABLES



COMPRESAS DHISVE

PAQUETES PARA CIRUGÍAS  
(ESTÉRILES)

KITS DESCARTABLES



LÍNEA DE SPA

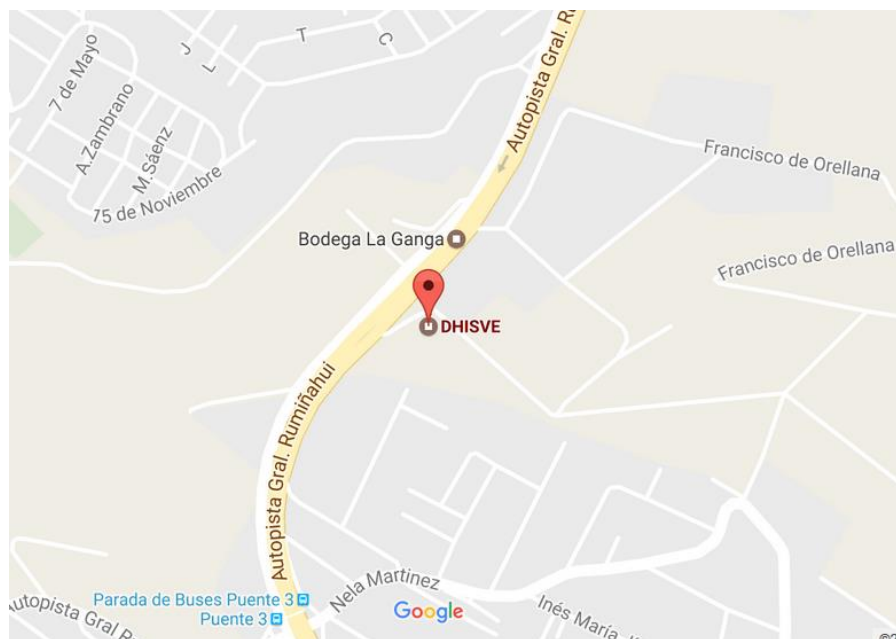
*Figura 1. Cartera de productos DHISVE*

Tomado de: (DHISVE, 2015.)

De estos productos los que más demanda tienen son las batas, delantales, trajes descartables y botas.

### 1.3 Ubicación

FAMEDIC se encuentra ubicado en la Sebastián de Benalcázar OE7-264 y Autopista General Rumiñahui.



*Figura 2. Ubicación DHISVE.*

Tomado de: (Google Maps, 2017).

## 1.4 Alcance

El trabajo de titulación se centra en los procesos de confección, remate y sellado del producto batas de cirujano, empezando desde un estudio del proceso, medición de tiempos y realización del mapeo de la cadena de valor (VSM), para así evaluar y proponer mejoras para aumentar la productividad en la línea de producción utilizando la herramienta de trabajo estandarizado.

## 1.5 Justificación del problema

La planta actual de FAMEDIC consta de tres pisos. En el subsuelo es la bodega de materias primas y producto terminado, la planta baja es el área de producción y el primer piso es un espacio designado para el comedor y zona administrativa. Entre las máquinas de confección que se utilizan hay máquinas rectas, máquinas overlock y máquinas de ultrasonido. Al cambiar de planta, la organización de cada módulo de confección fue hecha de tal manera que todos los módulos tuvieran la misma cantidad de cada tipo de máquina, permitiendo así que todos los módulos sean capaces de realizar todo tipo de producto. De esta manera, al existir una demanda alta de cierto

producto, todos los módulos estarían abastecidos con la cantidad de máquinas necesarias para producir dicho producto.

Actualmente existen 7 módulos de confección. Cada módulo posee un grupo de máquinas para confección y una mesa de para remate. El presente proyecto se enfoca en el producto de batas de cirujano, el cual es un producto con alta demanda para la compañía. Es por ello que tres módulos se encuentran ordenados de tal manera que puedan cumplir con una producción de 1600 batas en 9 horas de trabajo, sin contar los tiempos de descanso. En los últimos 4 meses previos al inicio del proyecto, los costos operativos en horas extras llegaron a ser los siguientes:

Tabla 1.

*Costos en horas suplementarias y extras de 4 meses.*

<b>Horas extras</b>			
<b>Mes-Año</b>	<b>Al 50%</b>	<b>al 100%</b>	<b># de empleados en planta</b>
nov-16	\$3.838,63	\$519,68	84
dic-16	\$3.439,21	\$3.591,09	81
ene-17	\$3.315,36	\$1.459,17	82
feb-17	\$3.569,32	\$738,94	81
<b>TOTAL</b>	<b>\$14.162,52</b>	<b>\$6.308,88</b>	
<b>PROM</b>	<b>\$3.540,63</b>	<b>\$1.577,22</b>	

*Nota: Los valores representan el pago total en horas extras realizados en los últimos 4 meses.*

Como se puede observar en la tabla, los costos en horas extras llegan a ser altos y esto se debe a que la capacidad de los módulos de producción es baja, lo que incurre en disponer de más tiempo para producir.

Otro problema recae en la organización de los módulos. Las máquinas se encuentran muy cerca unas con otras y no se dispone de lugares adecuados para poner el producto en proceso. Cada estación de trabajo toma la prenda a trabajar del piso y al terminarla, la bota en el suelo cerca del siguiente proceso. Incluso, algunos defectos son ocasionados porque las operadoras, al transportarse, pisan y dejan las huellas de zapatos impregnados en la tela. En la siguiente imagen se puede observar el problema.



*Figura 3.* Imagen de producto en proceso en el suelo.

La desorganización de los módulos y la falta de orden provocan que la productividad disminuya y que a falta de ello los costos operativos aumenten. Además, al no existir un estudio de los puestos de trabajo existen “cuellos de botella”, o procesos más lentos que el resto, que provocan esperas y acumulación de material en el piso. Algunos de los posibles efectos pueden ser falta de competitividad ya que la empresa demuestra una baja capacidad y por ende no podría satisfacer a todos los clientes. Otro efecto, puede ser el aumento de riesgos de seguridad tales como caídas o golpes que afectarían directamente a las personas en su salud, además de que aumenta el estrés siendo razón para que exista un aumento en el ausentismo en la compañía.

En conclusión, desde que la empresa FAMEDIC se cambió a una planta más grande, no se realizó un diseño adecuado de los módulos de producción ni estudio de procesos, lo cual origina desorden y espacios confinados para deposición de materia prima y producto en proceso. Esta aparente falta de espacio y mal diseño de los módulos disminuyen la productividad y aumentan los costos operativos en la compañía, además de posibles efectos tales como aumento de estrés, riesgos de seguridad, falta de competitividad, defectos de calidad y baja productividad.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Proponer un plan de mejora para aumentar la productividad en la línea de producción de batas de cirujano en la empresa textil FAMEDIC, haciendo uso de la herramienta de trabajo estandarizado a los procesos de confección, remate y sellado.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Levantar información relevante de los procesos de confección, remate y sellado.
- Realizar un *Value Stream Mapping* actual y de propuesta.
- Analizar y proponer las oportunidades de mejora a través de un plan de acción.
- Evaluar el aumento de productividad de la propuesta de mejora.

## 2. Capítulo II. Marco Teórico

### 2.1 Gestión por procesos

Una gestión por procesos es el enfoque que tiene la organización hacia la correcta administración de su actividad guiada a establecer, implementar, mejorar y controlar sus procesos y verlos como la clave para alcanzar el éxito.

En la Norma técnica ISO 9001, en el capítulo 4.4.1, nos habla que las organizaciones deben establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluyendo los procesos necesarios y sus interacciones (ISO9001, 2015). Esto significa que las organizaciones deben determinar las entradas y salidas esperadas de los procesos, determinar la secuencia, asignar responsabilidades y mejorar continuamente para alcanzar un alto nivel de competitividad.

La meta principal de una gestión de procesos se basa en orientar a todos los departamentos y jerarquías de la empresa a un objetivo común. “Jerarquía y estructura departamental, en su sentido tradicional, pudieran ser términos contrapuestos a los principios de la gestión por procesos” (Pérez, 2012, p. 45).

## 2.1.1 Proceso

Se entiende por proceso a un conjunto de actividades consecuentes que siguen un orden para entregar un producto o servicio. Para un correcto entendimiento del proceso se debe considerar que el mismo tiene entradas, salidas, actividades, recursos, y controles (gestión). La siguiente imagen explica cómo se caracteriza un proceso:

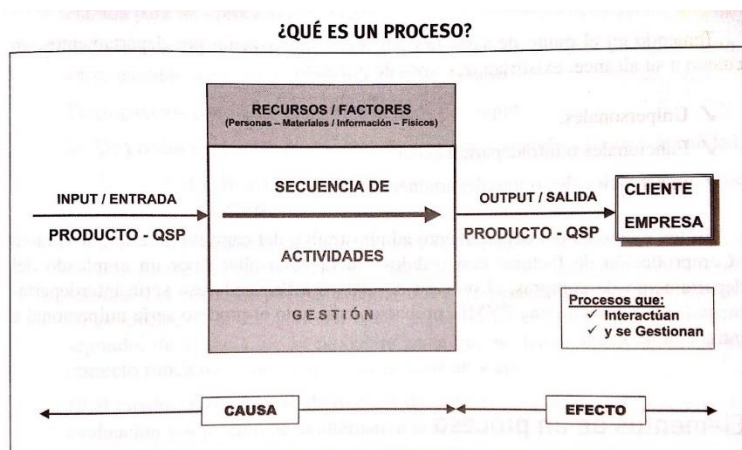


Figura 4. ¿Qué es un proceso?

Tomado de: (Pérez, 2012)

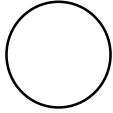
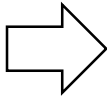



### 2.1.1.1. Diagrama de flujo del proceso

Esta herramienta permite tener una representación gráfica y analítica de las actividades de un proceso. Por lo cual, incluye toda la información que se considera necesaria para entender la secuencia en la que se desarrollan dichas actividades (Roberto García, 1998).

Con el fin de estandarizar cada una de las actividades del proceso, se han identificado seis figuras básicas que representan cuando la actividad es una operación, transporte, inspección, demora, almacenaje o una actividad combinada. La siguiente tabla describe la definición y símbolo de cada actividad según la Norma ASME (Roberto García, 1998).

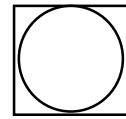
Tabla 2.

*Actividades, descripción y símbolos básicos de un diagrama de flujo.*

Actividad	Descripción	Símbolo
Operación	Se entiende como operación a la actividad cuyo objetivo es modificar las características del objeto, ya sea para agregar algo o preparar el objeto para otra actividad.	
Transporte	Se define como transporte a dichas actividades que mueven un objeto o grupo de ellos a un diferente lugar. Es importante notar que cuando el objeto se mueve en bandas transportadoras o tuberías, que pertenecen al proceso, no se considera transporte.	
Demora	Dentro de los procesos también existen demoras que se producen por interferencias en el flujo de objetos, lo cual retarda las siguientes actividades.	
Almacenaje	En los casos en los cuales el objeto u objetos son retenidos temporalmente hasta una siguiente actividad, se denomina almacenaje.	
Inspección	Se utiliza este símbolo cuando la actividad conforma examinar el objeto para asegurar la calidad o cualquier característica en el mismo.	



Este símbolo presenta la combinación de dos actividades básicas que puedan ocurrir en el proceso. La actividad combinada más utilizada es la unión entre operación e inspección.




---

*Nota: Tabla tomada del libro de Estudio del trabajo (Roberto García, 1998, p. 42-43).*

En muchos diagramas de flujo podemos ver rectángulos que representan a los procesos, lo cual crea confusión al momento de definir si esta forma debe ser rectangular o circular, como se observa en la tabla superior. Cuando se diagrama de los procesos, los mismos tienen una forma rectangular, lo cual significa que el mismo se lo puede desgrosar en actividades que utilizarán los símbolos representados en la parte superior. En conclusión, una operación, que tiene forma circular, es una actividad que modifica o agrega algo; mientras que un proceso, que tiene una representación gráfica rectangular, es una secuencia de actividades agrupadas que reciben y entregan algo.

#### **2.1.1.2. Gráfico de proceso**

Una vez que se ha entendido lo que es un diagrama de flujo, y las diferencias entre la simbología entre proceso y actividad, se debe documentar el mismo en un formato que agrupará más información necesaria para entender el proceso en su totalidad. Dicho documento se lo denomina gráfico de procesos, y muestra información tal como el nombre del proceso, la persona encargada de ejecutarlo, tipo de actividad, número de actividades por tipo de actividad, tiempo individual y global por actividad y tipo de actividad, distancia de los transportes, entre otras que sean agregadas al formato con el fin de ayudar a entender de mejor manera el proceso (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013).

El formato que se presenta a continuación es una sugerencia para representar a los procesos:

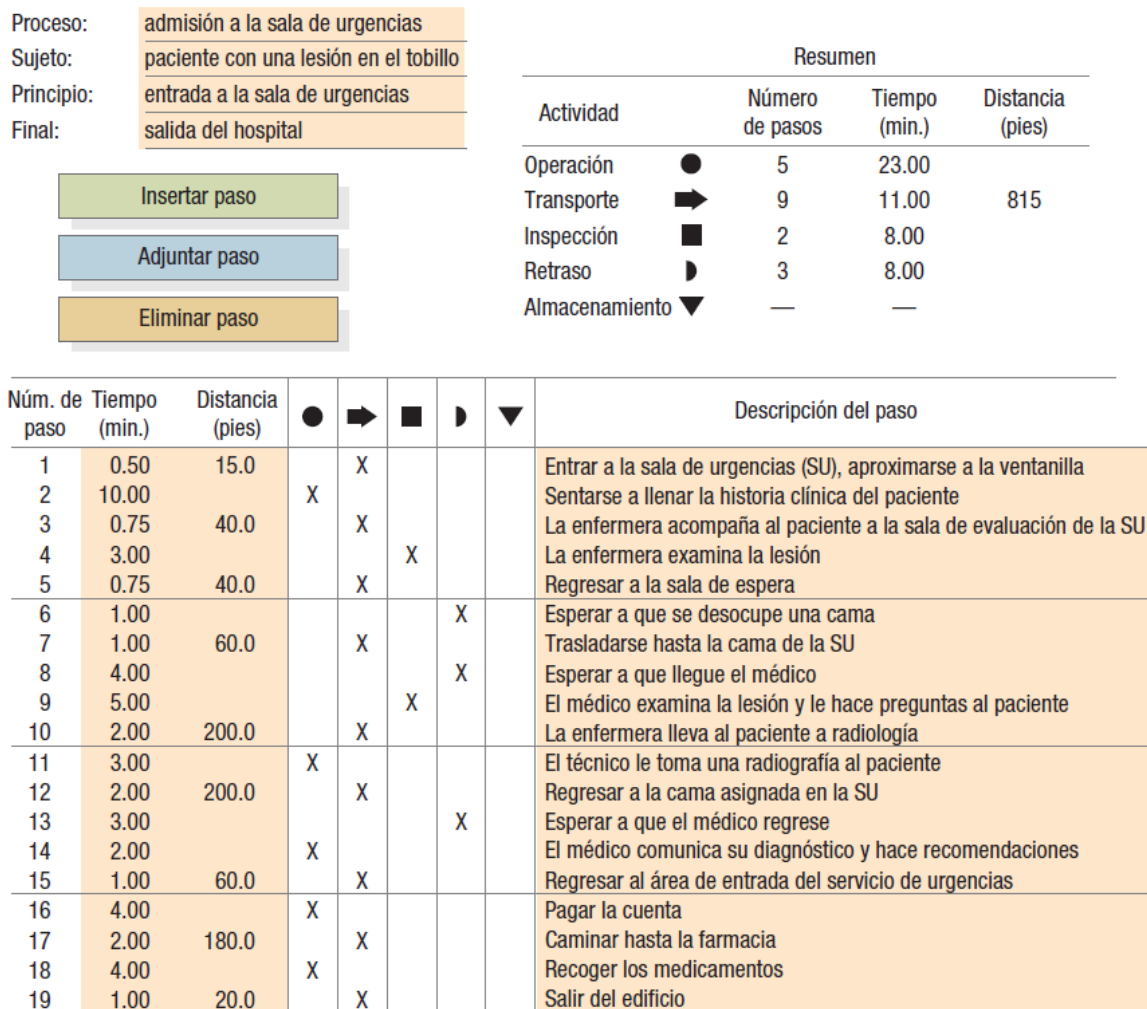


Figura 5. Ejemplo de formato de un gráfico de proceso.

Tomado de: (Krajewski et al., 2013).

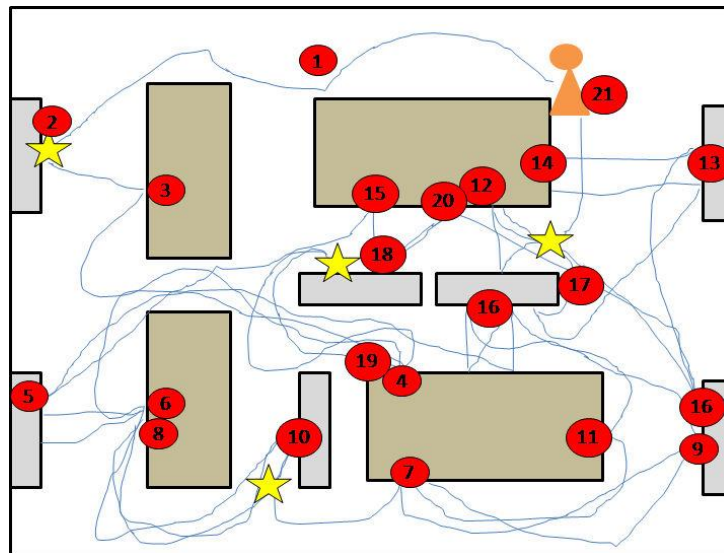
Como se puede observar en la figura, el gráfico de procesos permite realizar un análisis simplificado que ayuda a realizar mejoras, identificando actividades que no agregan valor, demoras y tiempos desperdiciados en transportes.

Como punto importante en la realización de diagramas de proceso, es que como antecedente se deberá realizar un levantamiento de proceso, utilizando la herramienta de diagrama de flujo y recabar información pertinente a cada actividad y posteriormente medir tiempos y distancias para poder aplicarlos al formato.

### 2.1.1.3. Diagrama de espagueti

Además, dentro del diagrama de proceso se puede adjuntar un segundo formato que consiste en realizar una representación a escala de la planta donde se desarrolla el proceso e identificar máquinas y áreas de la misma, acompañadas los símbolos de las actividades unidas por líneas, y que permitan tener una imagen visual de la planta y los movimientos, ya sea de personas o de objetos.

Este diagrama es conocido como el diagrama de espagueti. Llamado así ya que, en algunos casos, las líneas que unen a los procesos crean una especie de espagueti, lo cual demuestra oportunidades de mejora cuando existen transportes excesivos o malos diseños de planta que recaen en altas distancias de recorrido.



*Figura 6.* Ejemplo de un diagrama de espagueti

Tomado de: (PDCA Home, s. f.)

## 2.2 Medición del trabajo

A partir de la administración científica, desarrollada por Taylor en el siglo XX, se empezó a realizar estudios con ayuda de cronómetros a los procesos y así conocer cuánto tiempo se demorará un proceso y determinar salarios, número de unidades diarias a producir, productividad, entre otras.

Las técnicas que han sido utilizadas para medir el trabajo son:

- Estimación de tiempos por datos históricos de producción,

- Estudios de tiempos con cronometro,
- Con estudio de tiempos predeterminados de micro movimientos,
- Entre otros.

Cualquiera de los métodos utilizados entregará el tiempo estándar que se demora un proceso ejecutado por una persona capacitada en realizar un proceso o actividad (Roberto García, 1998).

Uno de los métodos más utilizados es el de estudio de tiempos por cronómetro con el cual es necesario describir los componentes que tiene un tiempo hasta llegar a obtener el tiempo estándar.

### **2.2.1 Tiempo Normal**

Para poder entender lo que es el tiempo normal, primero se deberá realizar una medición de diez ciclos de cada proceso para poder realizar un promedio de tiempo en que se demora un operador en realizar dicho proceso. Se sobreentiende como ciclo del proceso cuando el objeto a ser estudiado ingresa al proceso, se lo transforma y termina para ser entregado al siguiente proceso y empezar con un nuevo objeto (Roberto García, 1998).

Una vez que se tenga un número de observaciones del proceso, se obtiene un tiempo promedio en el que puede fluctuar el proceso, siendo mayor o menor al tiempo medido. Para lograr obtener una medición más exacta del proceso se hace uso de porcentajes de calificación que ayudan a normalizar el tiempo y evitar dichas fluctuaciones.

#### **2.2.1.1. Calificaciones**

Las calificaciones para obtener el tiempo estándar comprenden en determinar si el operador realiza la actividad más lento, igual o más rápido de lo que debería hacerlo. Este es un tema muy estudiado, y se ha tratado de dar un fundamento científico para la calificación, pero ha sido difícil hacerlo tras ser fundamentada en el juicio del analista que realiza el estudio. Es por ello que se recomienda ser muy objetivo al calificar cada proceso para evitar sobrevalorar o subestimar los tiempos.

A continuación, se presenta una tabla que puede ser utilizada para por el analista para normalizar el proceso.

Tabla 3.

*Valoración del desempeño de la actividad según escala británica.*

<b>Valoración</b>	<b>Descripción del desempeño</b>
0	Actividad Nula
0,5	Muy lento, movimientos torpes inseguros, el operario parece medio dormido, y sin interes
0,75	Constante, resuelto, sin prisa como obrero no pagado a destajo, parece lento, pero no pierde tiempo
1	Activo, capaz, como obrero calificado, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precision.
1,25	Muy rapido, el operario actua con gran seguridad, destreza y coordinacion de movimientos, muy por encima del nivel
1,3	Excepcionalmente rapido, concentracion y esfuerzo, sin probabilidad de durar por largos periodos

*Nota: La valoración es un factor que deberá ser multiplicado al tiempo promedio.*

La ecuación para obtener el tiempo normal utilizando esta valoración es el siguiente:

$$TN = \text{Tiempo promedio} * \text{Valoración} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Otro método utilizado para calificar el tiempo normal del proceso es el conocido sistema Westinghouse, el cual califica la actuación del operario considerando su habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia del trabajo. A continuación, se explica la tabla de dicho sistema.

Tabla 4.

Valoraciones de calificación de la actuación según Sistema Westinghouse.

HABILIDAD			ESFUERZO				
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	<i>Habilidad.</i> Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.	
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10		
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	<i>Esfuerzo.</i> Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.	
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00		
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05		
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	<i>Condiciones.</i> Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afectan la operación.	
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15		
CONDICIONES			CONSISTENCIA				<i>Consistencia.</i> Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05		
B	Media	0.00	B	Media	0.00		
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05		

*Nota:* Fuente (Roberto García, 1998)

Para este caso, se deberá evaluar por cada una de las actuaciones y escoger un factor de valoración. Estos factores se suman para obtener el factor de nivelación extra a ser añadido al tiempo promedio observado. La ecuación a utilizada para determinar el tiempo normal es la siguiente:

$$TN = \text{Tiempo promedio} * (1 + \sum \text{valoraciones}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

El tiempo normal no representa más que el tiempo en que se demora el proceso, sin importar la persona que lo realice, entendiendo que dicho operador es una persona capacitada.

### 2.2.2 Tiempo estándar

Ahora bien, si bien es cierto que el tiempo normal representa el tiempo del proceso y que nosotros queremos determinar el tiempo estándar, se debe considerar suplementos de tiempo extras que afectan a la operación en el transcurso del día, tales como la fatiga y necesidades personales.

$$TE = TN * (1 + \text{suplementos}) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Existen tres tipos de suplementos que pueden concederse el estudio:

1. Suplementos por necesidades personales
2. Suplementos por fatiga
3. Suplementos por retrasos, debido a causas inherentes del proceso.

### **2.2.2.1. Suplementos**

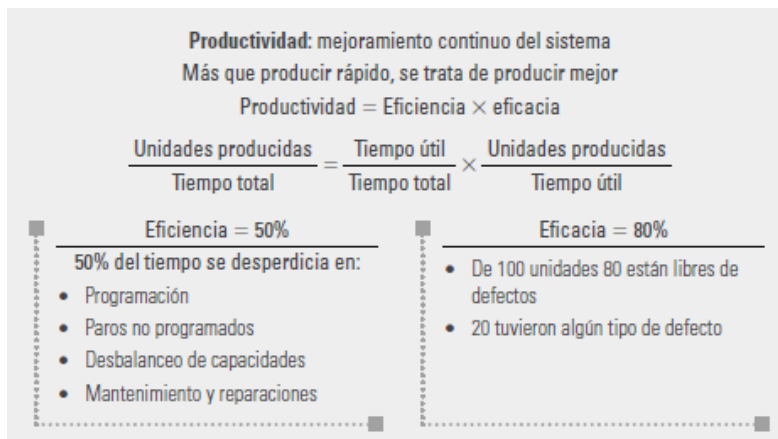
En el caso de los suplementos se hace una distinción por sexo, dando valores diferentes si la operación es realizada por hombres o mujeres. Además, existen consideraciones tales como suplementos constantes que siempre están presentes que son los suplementos por necesidades personales y por fatiga. En hombres estos suplementos suman 9% y en mujeres 11% más del tiempo normal. Los suplementos variables por retrasos deberán ser evaluados de acuerdo con cada actividad.

En la sección de Anexos, se encuentra la tabla de suplementos para cálculo de tiempo estándar.

## **2.3 Indicadores**

### **2.3.1 Productividad**

La productividad es un indicador que tiene que ver con los resultados que se obtienen de un proceso considerando los recursos que se han utilizado para obtenerlos. Los resultados obtenidos pueden ser representados en unidades producidas, utilidades o piezas comercializadas; mientras que los recursos utilizados pueden representarse en gente que intervino en el proceso, tiempo en producir, entre otros recursos que hayan influenciado en el proceso. Es normal ver la productividad representada en el resultado de dos indicadores que son la eficiencia y la eficacia (Gutiérrez, 2010).



*Figura 7. Productividad en relación con la eficiencia y eficacia*  
 Tomado de: (Gutiérrez, 2010).

### 2.3.2 Eficacia

“Grado en el que se realizan las actividades planificadas y se logran los resultados planificados” (ISO9000, 2015, p. 23). En pocas palabras la eficacia se basa en el cumplimiento de objetivos en el plazo definido.

### 2.3.3 Eficiencia

“Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados” (ISO9000, 2015, p. 23). En muchos textos se relaciona a la eficiencia con la productividad y se define que eres más productivo mientras menos recursos se han utilizado y menos productivos cuando más recursos utilizas. En resumidas cuentas, la eficiencia es inversamente proporcional al uso de recursos.

## 2.4 Mejoramiento Continuo *KAIZEN*

La palabra *Kaizen* es una palabra japonesa que proviene de la unión de dos palabras japonesas:

*KAI*= Cambio

*ZEN*= Bien



En el ámbito industrial se lo conoce como el mejoramiento continuo de las organizaciones, para satisfacer la demanda de los mercados, mediante el desarrollo de la gente.

*Kaizen* es una filosofía que combina la innovación con la mejora para que los cambios perduren en el tiempo. Es un proceso que presenta mayor participación del personal, cambios pequeños pero que juntos crean gran impacto, lograr cada vez menor resistencia al cambio y bajos costos.

Esta filosofía se basa en el círculo de mejora continua desarrollado originalmente por Walter Shewart y que fue popularizado por Edward Deming y que es también conocido como ciclo de Deming. Este ciclo se divide en cuatro pasos:

- **Planificar:** ¿Qué se va a lograr? ¿Qué datos son necesarios? Y una vez realizadas estas preguntas, planear para obtener la información necesaria determinando metas y métodos para alcanzar el éxito del ciclo.
- **Hacer:** Educar y llevar a cabo el cambio y acciones planteadas en la primera etapa.
- **Verificar:** En esta etapa se debe verificar si los resultados de las acciones tomadas han alcanzado los objetivos de la primera etapa. En el caso de no alcanzar el cambio se debe volver al primer paso (Planear).
- **Actuar:** En esta etapa se debe aprender de lo realizado y emprender acciones para mejorar continuamente.

## 2.5 Manufactura esbelta *LEAN*

Taiichi Ohno (1912-1990), ejecutivo de Toyota, fue un enemigo feroz de los desperdicios en las empresas. En japonés, la palabra *MUDA* significa residuo, y es la palabra con la que este ingeniero industrial se refería al hablar del desperdicio que engorda a las empresas y que no agregan valor. Sabiendo aquello, el señor Ohno identificó ocho desperdicios que son:



Figura 8. Ocho desperdicios de la metodología Lean.

A partir de ello, las empresas han adoptado un poderoso antídoto para la *muda* que es el *Lean thinking* o el pensamiento lean. Éste es un método que enseña a identificar los desperdicios para “hacer más y más con menos y menos”. Además de ello es un método que proporciona satisfacción ofreciendo *feedback* y nuevos métodos para crear trabajo, en vez de desintegrar puestos de trabajo en mención a la eficiencia (Jones & Womack, 2003).

### 2.5.1 Value Stream Mapping (VSM)

Para poder implementar correctamente la metodología lean es importante entender cómo se realizan las operaciones dentro de la cadena de valor. Para ello existe una herramienta importante llamada *Value Stream Mapping*, o también conocido como el mapa de la cadena de valor. Esta herramienta permite visualizar información importante como la velocidad a la que el cliente compra y porque medio lo hace, cual es la capacidad del sistema o línea de producción, posibles cuellos de botella, restricciones internas o externas, entre otras. Además, permite entender el flujo y detectar actividades que no agregan valor y es el precedente para empezar a implementar mejoras *Kaizen*. Cuando se implementa mejoras *lean*, es necesario realizar un VSM actual, proponer y analizar mejoras y realizar un VSM futuro después de implementadas las mejoras (Socconini, 2014).

Es importante que cuando se realice un mapa de la cadena de valor se considere agrupar la mayor cantidad de productos que esa línea de producción pueda realizar. Es decir, hay muchos productos que tienen procesos similares y que podrían ser considerados dentro de una misma familia. De esta manera se permite entender mayor cantidad de productos dentro de un mismo VSM.

A continuación, se representa la simbología utilizada en un VSM:

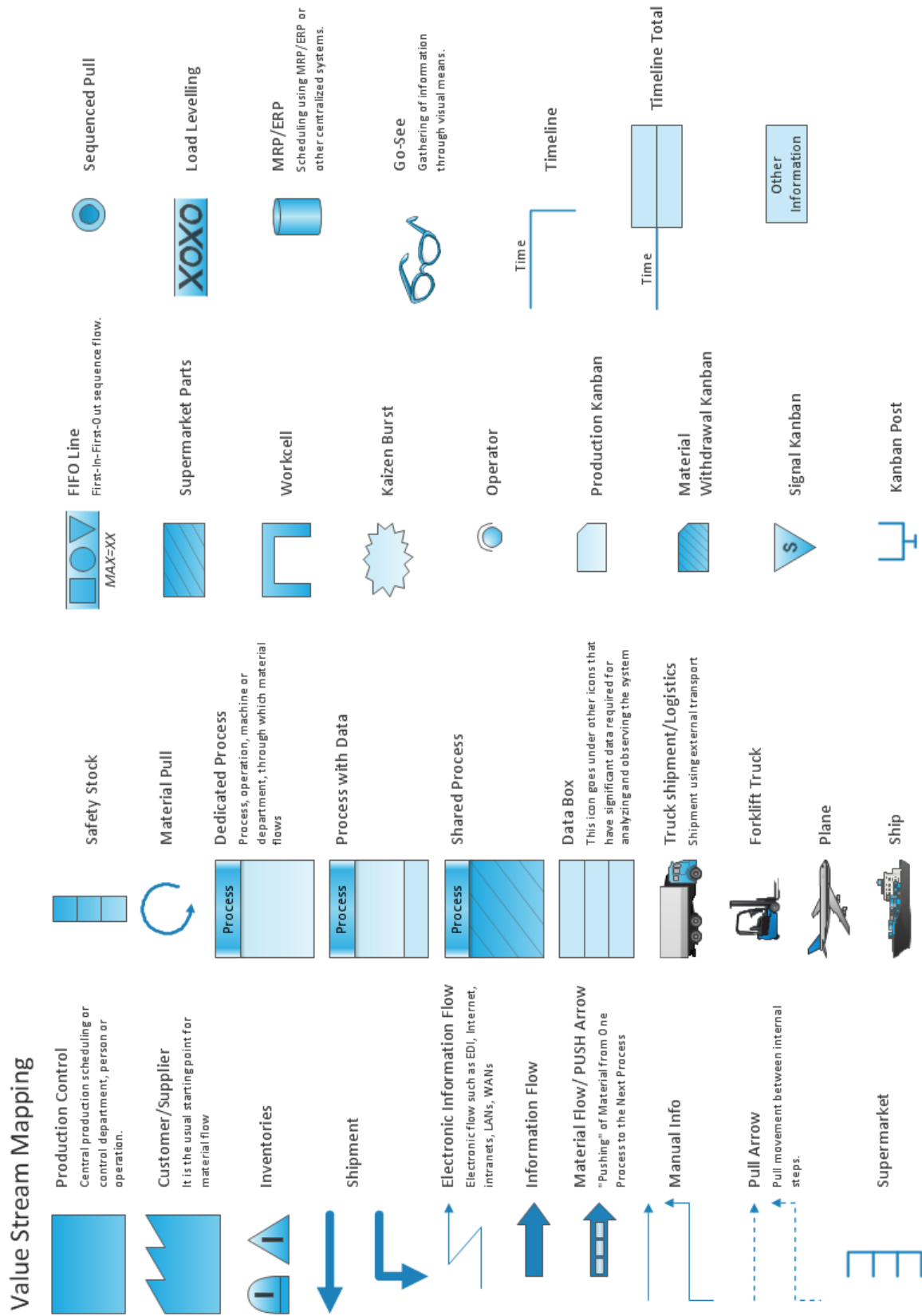


Figura 9. Simbología utilizada en un VSM (Cs Odessa, s. f.)

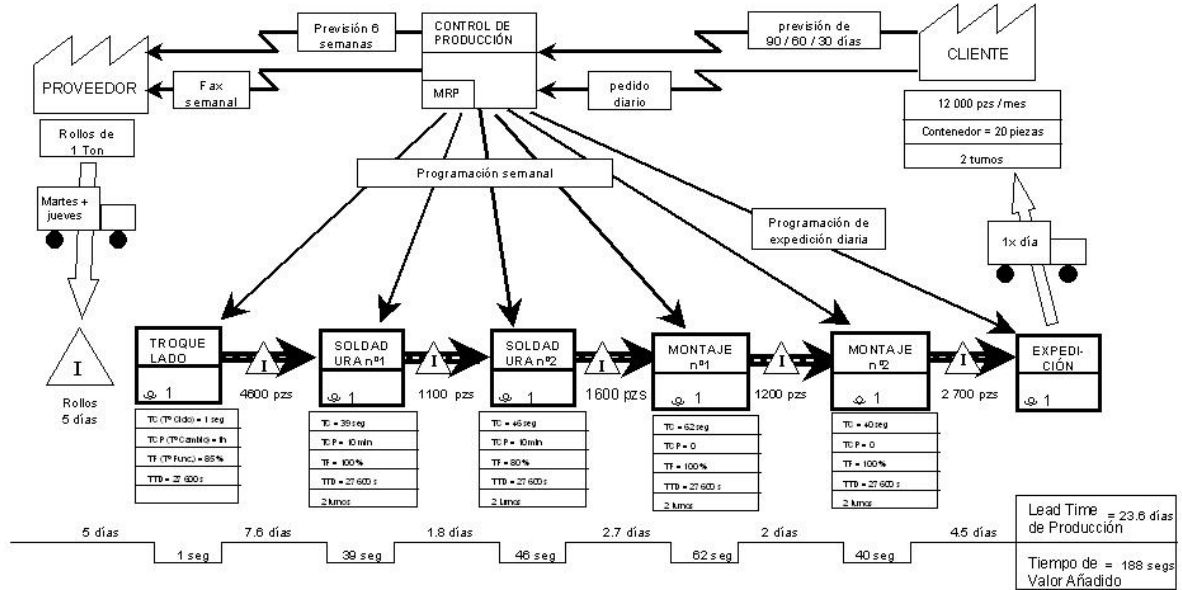


Figura 10. Ejemplo de un VSM

Tomado de: (S. García, s. f.)

Como se puede observar en la figura, se representa en una sola lámina toda la información necesaria para entender la cadena de valor y poder implementar mejoras. En la parte superior se encuentra, de izquierda a derecha, el nombre del proveedor y la forma y cantidad en que se realizan los pedidos. En la parte central se encuentra el control de la producción que planifica la cantidad de materia prima necesaria y el programa de producción para la línea, abastecida de información dada por la demanda del cliente. En la parte inferior se encuentra una línea a manera de escalera que representa, arriba de la escalera, la cantidad de inventario en proceso en días que se demoraría en procesar y, debajo de la escalera, el tiempo de ciclo del proceso. Es así que, sumando los valores superiores se obtendrá el tiempo de entrega estimado; y sumando los valores inferiores, el tiempo total de valor agregado.

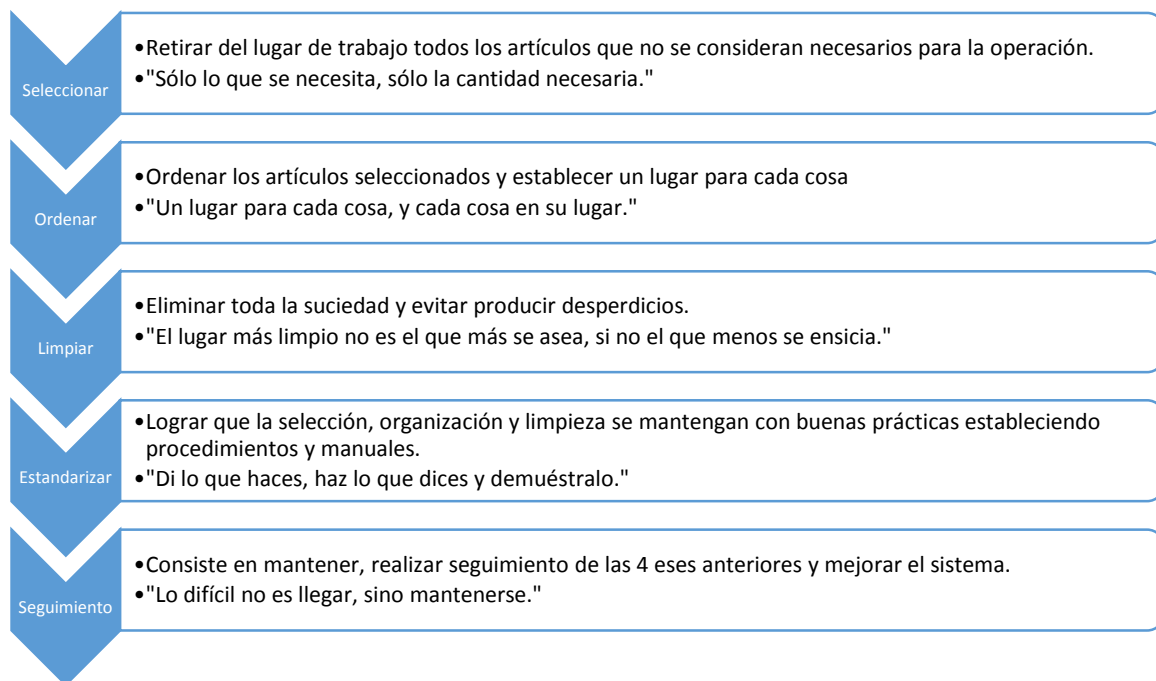
### 2.5.2 Cinco eses (5 S's)

En la década de los 60 cuando Toyota empezó a devotar por su metodología de fabricación, Hiroyuki Hirano desarrolla la aplicación de la cultura de cinco eses. Es llamada de esta manera ya que a partir de cinco palabras que inician con la letra "S" se lograría tener plantas impecables, ordenadas y con altos niveles de productividad y desempeño. Las palabras japonesas son las siguientes:

- *Seiri*: Seleccionar
- *Seiton*: Organizar
- *Seiso*: Limpiar
- *Seiketsu*: Estandarizar
- *Shitsuke*: Seguimiento

Esta, también llamada disciplina, al ser implementada en cinco diferentes etapas, logra trabajos más productivos, aumentos en la satisfacción personal, encontrar cualquier cosa en un tiempo menos a 30 segundos y desarrollar un ambiente laboral agradable (Socconini, 2014).

Las etapas se las describe en la siguiente figura:



*Figura 11. Cinco eses*

Adaptado de: (Socconini, 2014).

### 2.5.3 Teoría de restricciones (TOC)

Eliyahu Goldrat desarrolló una metodología llamada la teoría de restricciones o también conocida como TOC (Aguilera, 2000). La misma sostiene que la capacidad

que un sistema se define por la capacidad máxima del recurso cuello de botella o restricción. Para ello, la teoría plantea cinco pasos que ayudaría a aumentar el *throughput*, que viene a ser la velocidad en que se genera dinero por medio de las ventas en un sistema.

El primer paso consiste en identificar la restricción o cuello de botella dentro del sistema. Una vez que se identifique el mismo, se debe explotar la restricción. A esto se refiere con no permitir paros en dicho cuello de botella y hacerlo trabajar a la máxima capacidad. Es así, que el tercer paso consiste en apoyar con todos los recursos necesarios para asegurar el funcionamiento de la restricción. Si fuera necesario, de deberá aumentar la capacidad de la restricción con mejoras en el proceso. Y por último, consiste en no caer en la inercia y volver al primer paso y buscar nuevas restricciones para mejorar el sistema aún más (Mundo Manufactura, 2014).

Para ello se identifica un concepto clave que es el DBR que por sus siglas en inglés significa *drum, buffer, rope*. El *drum*, tambor, se define como el ritmo al que los procesos deben caminar, ni más rápido ni más lento. El *buffer*, o amortiguador, es una cantidad de material definida en tiempo que permita abastecer a los procesos siguientes al cuello de botella para evitar tiempos muertos. Por último, el *rope*, cuerda, consiste en permitir que el recurso restricción sea quien jale producto siempre que lo necesite y así evitar sobrecargas (López, 2013).

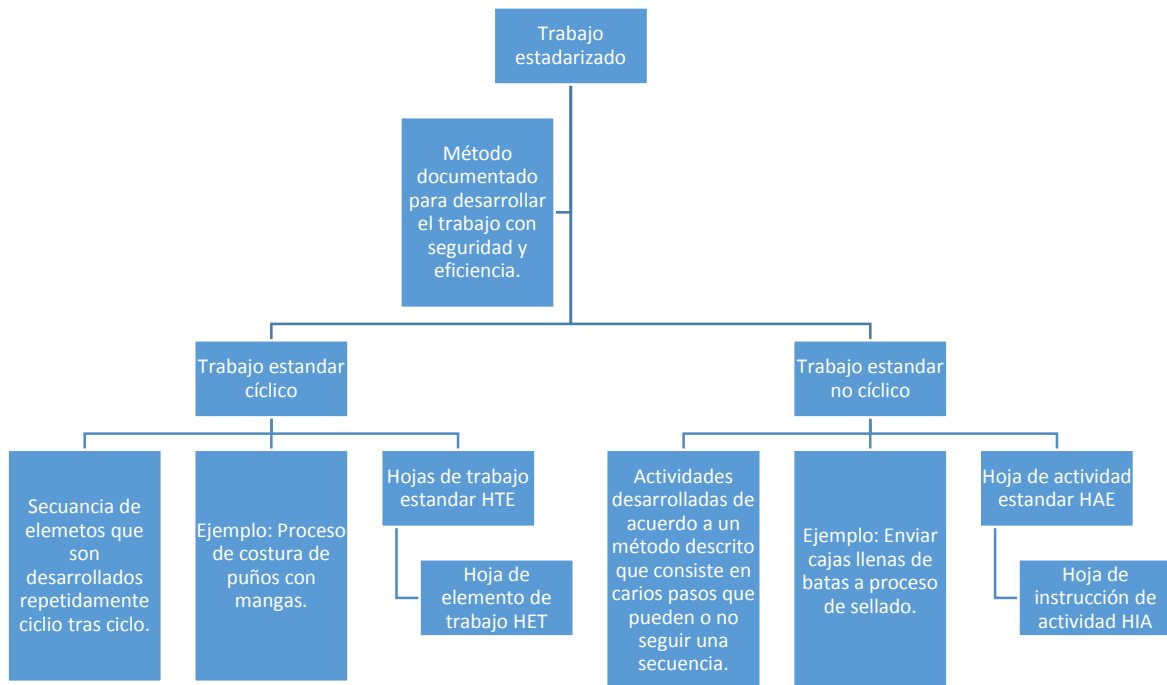
#### **2.5.4 Trabajo estandarizado**

El trabajo estandarizado es un proceso dinámico por el cual se documenta el trabajo y se lo estandariza usando terminología, principios y métodos para así establecer un proceso que sea estable y predecible, de manera que se defina la base para la mejora y el crecimiento.

Este es el mejor método para que se pueda realizar un proceso de manera segura y eficiente y así alcanzar altos niveles de calidad, seguridad y productividad.

Para poder documentar de manera correcta el trabajo estandarizado se debe identificar las actividades cíclicas, que son las tareas que se repiten en secuencia una

y otra vez; y las actividades no cíclicas, que son las tareas que son dependientes al sistema, pero no son secuenciales. Para mejor entendimiento de lo que son las actividades cíclicas y no cíclicas se tiene la siguiente figura expresa el significado:



*Figura 12.* Mapa mental explicación trabajo estandarizado.

Adaptado de: («Capacitación GM-GMS BIQ IV Estandarización», 2014).

Una vez hecho esto se deben desarrollar hojas de trabajos estandarizado HTE y HET que son diferentes formatos para documentar. Una vez documentado, se deberá capacitar al personal y desplegar las hojas en las estaciones de trabajo para que de esta manera garantizar que siempre se realice el trabajo de la misma manera.

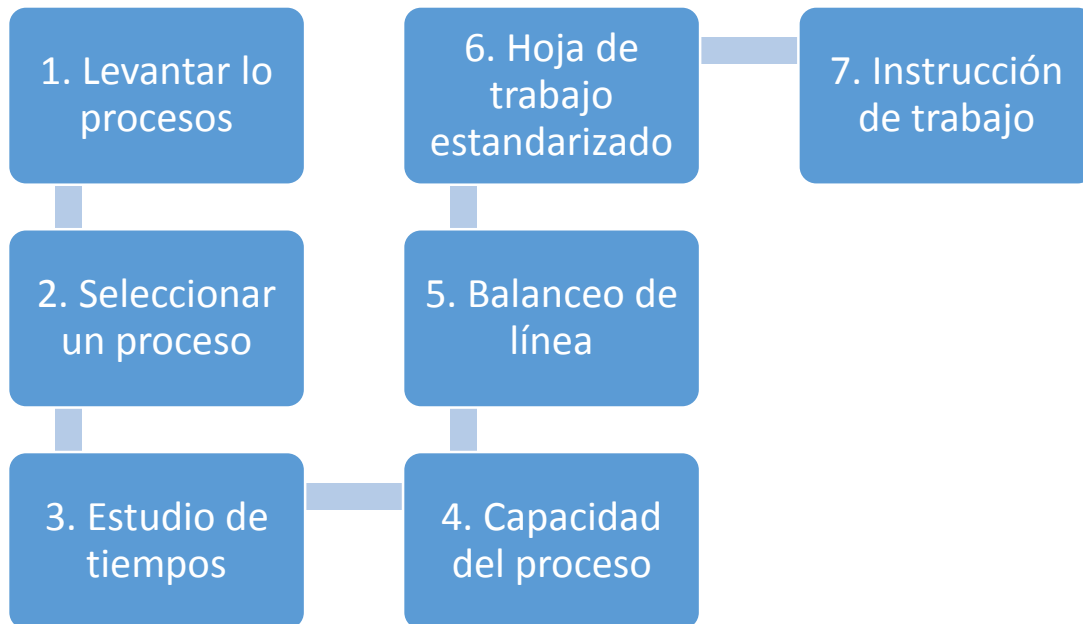
Algunos de los síntomas de inestabilidad y falta de estándares en los procesos pueden ser:

- Variaciones en los indicadores de desempeño.
- Métodos diferentes en los procesos.
- Se acumula el WIP (inventario de producto en proceso).
- Procesos secuenciales trabajan independientemente uno del otro.
- Flujos intermitentes de operación.



Es por ello que con el trabajo estandarizado se logra controlar y minimizar estos síntomas, acompañado del cumplimiento de calidad y velocidad de producción, definiendo métodos estándar de fabricación por puesto de trabajo (Socconini, 2014).

La siguiente figura expresa el proceso de implementación del trabajo estandarizado:



*Figura 13.* Proceso de implementación de trabajo estandarizado

Tomado de: (Socconini, 2014).

Para la correcta implementación del trabajo estandarizado se debe identificar dos tipos de trabajos estándar.

#### 2.5.4.1. Balanceo de líneas

El balanceo de línea es un término utilizado para determinar el número de personas necesarias para la línea de producción con el menor número posible de estaciones de trabajo para alcanzar la producción demandada ya sea por el cliente o la empresa.

Esto significa que por medio de una fórmula se relaciona velocidad por pieza que actualmente se demora el proceso comparado con la velocidad por pieza que debería demorarse para satisfacer la producción diaria, también conocido como *takt time*. Una vez que se determina la cantidad de personas que la línea necesita, se debe evaluar

la eficiencia del proceso con dicha cantidad de gente para saber si el cambio en el mismo va a ser adecuado (Krajewski et al., 2013).

El balanceo de línea se basa en los cuellos de botella, que son los procesos más lentos que retrasan la producción, creando acumulación de materia antes del proceso y demoras o esperas posterior al mismo. El balanceo busca que todos los procesos tengan tiempos similares de transformación para así minimizar los desperdicios como los mencionados anteriormente.

#### **2.5.4.2. Tiempo *Takt***

El tiempo *takt* o *takt time* es un término que determina el ritmo al que un proceso debe fluir para satisfacer con la demanda. La palabra *takt* es una palabra alemana que significa “reloj”. Se entiende que, por la fórmula, que relaciona la demanda con el tiempo disponible, se determinará cual es el tiempo máximo que debe demorarse un proceso para no representar un cuello de botella que retarde la producción y evite que se cumpla con la demanda. La fórmula de *takt time* es:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Cantidad\ total\ diaria\ o\ demanda\ requerida} \quad (Ecuación\ 4)$$

La unidad de *takt time* viene a ver de velocidad en segundos por proceso. En otras palabras, explica que es el máximo de tiempo (segundos por prenda, minutos por prenda, etc.) en que se deberá demorar un proceso para empezar un nuevo ciclo. Si un proceso dentro de la línea de producción tiene un tiempo mayor al *takt time*, significaría que la demanda sería imposible de satisfacer y la línea debería ser abastecida de más tiempo de producción o disminuir la cantidad de la demanda. En cualquiera de los dos casos existen repercusiones para la empresa que desembocan en altos tiempos de entrega o incumplimiento en cantidad en los pedidos.

#### **2.5.4.3. Capacidad del proceso**

La capacidad del proceso se define como la cantidad de unidades que puede producir la línea de acuerdo con el proceso más lento. En otras palabras, la capacidad del

proceso se basa en los cuellos de botella para determinar cuál es la cantidad que la línea puede proveer en un lapso de tiempo.

Lo ideal es que la planta alcance una capacidad que sea igual o mayor a la necesaria para cumplir con la demanda de la empresa en un tiempo definido.

$$Capacidad = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Tiempo\ estandar\ del\ proceso\ más\ lento} \quad (\text{Ecuación 5})$$

#### 2.5.4.4. Hojas de trabajo estandarizado HTE

La hoja de elemento de trabajo estándar o también conocido como HTE es un “Documento base de un miembro de equipo que organiza elementos de trabajo dentro de una secuencia que puede ser exitosamente repetida” («Capacitación GM-GMS BIQ IV Estandarización», 2014). Este documento es utilizado para representar la secuencia de actividades dentro de las actividades cíclicas del proceso y que permiten dar una ayuda al responsable del proceso en cómo realizar su trabajo y el tiempo en que se demora en realizar cada actividad. Esta es la información que representa una HTE:

1. Secuencia de trabajo: Orden lógico de las actividades del proceso.
2. Elementos de tiempo: Tiempo Takt y tiempo de ciclo del proceso.
3. *Scrolling*: Representación gráfica del puesto de trabajo y operaciones.
4. Simbología por actividad: Puede ser simbología para advertir y prevenir riesgos de seguridad en dicha actividad; procesos críticos donde se necesita especial atención; calidad, en donde se necesita comprobar que el objeto cumple con los requerimientos; y por último secuencia de tipo mandatorio que representa que dicho proceso requiere una secuencia específica para completarse.
5. Otras actividades: Actividades no cíclicas necesarias para continuar ciclo de producto.
6. Relación entre elementos y conexión entre HTE y HET (Hoja de elemento de trabajo)
7. Firmas de responsables: Los líderes de grupo deben firmar las hojas con la finalidad de que están de acuerdo con el trabajo estándar desplegado en cada puesto de trabajo.

8. Histórico de revisiones: Esta sección representa los controles periódicos y cambios realizados para mejorar proceso.
9. Zonificación de trabajo en el producto: Representa gráficamente la zona específica del producto en que se trabaja en dicha estación.

Una vez que el formato tenga todos estos puntos, se debe hacer visible para que el operador siempre pueda observarlo («Capacitación GM-GMS BIQ IV Estandarización», 2014).

#### **2.5.4.5. Hoja de elemento de trabajo HET**

La hoja de elemento de trabajo, también conocida como HET es un documento que da información más detallada de uno de los elementos de la HTE. El mismo explica paso a paso como completar la actividad y porqué es importante no omitir dicho paso.

#### **2.5.4.6. Hoja de actividad estándar HAE**

Este documento llamado HAE es utilizado solo para los trabajos no cíclicos y contiene todas las actividades que se deben desempeñar para el correcto cumplimiento de dicho trabajo. Los trabajos no cíclicos son los que no se encuentran contenidas en un ciclo de proceso pero que si son realizadas periódicamente. Un ejemplo claro puede ser cuando se debe hacer un control de calidad y que solo se lo realiza por cada cien unidades de producto procesado. El operador deberá dejar de hacer su proceso normal y desempeñar la validación y comprobación de calidad. La información necesaria en una HAE es:

1. Identificación del trabajo (Encabezado)
2. Conocimiento o entrenamiento básico: De ser necesario, incluir el tipo de conocimiento específico o capacitación que el operador deba poseer para poder realizar dicha actividad.
3. Actividades secuenciales del trabajo acompañado de una columna para las actividades que requieran una explicación más específica dentro del formato HIA (Hoja de instrucción de actividad).

4. Frecuencia y tiempo de actividad representada en minutos.
5. Firmas de responsables y revisiones periódicas.

#### 2.5.4.7. Hoja de instrucción de actividad HIA

Las hojas de instrucciones de actividad es un documento que detalla una actividad representada en el HAE. El propósito de la misma es la de proveer instrucciones de trabajo para nuevas personas que deban entender la actividad y proveer un histórico de actividades. El mismo contiene:

- Simbología de cada paso: (revisar simbología en HTE),
- Descripción del paso: Cómo completar la actividad correctamente,
- Representación gráfica: Imagen o bosquejo del producto con la representación numérica de dónde se realiza cada paso en el producto.

## 2.6 Estadística

### 2.6.1 Distribución normal

Cuando una serie de datos se considera que sigue una distribución normal con una media  $\mu$  y una desviación estándar  $\sigma$ , cumple con lo siguiente (Vitutor, 2014):

1. La serie de datos puede tomar valores infinitos negativos y positivos.
2. La función de densidad cumple con la ecuación matemática conocida como curva de Gauss:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

(Vitutor, 2014)

**Media:** Es el promedio de los datos evaluados.

**Desviación estándar:** Representa que tan dispersos se encuentran los datos respecto a la media calculada (Minitab, 2016).

### **2.6.2 Prueba de Kolmogorov-Sminov**

La prueba de Kolmogorov-Sminov es un método utilizado para la comprobación de que una muestra estadística de una población cumple con la hipótesis de que la misma se comporta como una ley de probabilidad específica (Galindo, 2015).

## **3. Capítulo III. Situación Actual**

### **3.1 Situación actual**

El presente proyecto consta de diferentes etapas que son necesarias para poder desarrollar de manera correcta el plan de implementación de mejora para el aumento de la productividad de la línea de batas de cirujano, haciendo uso de herramientas de mejora continua y estandarización del trabajo. En este capítulo se desarrollará una explicación detallada de la situación de la empresa, iniciando por una introducción a los procesos que se realizan en el área de confección, remate y sellado, estudio del trabajo, y presentación el mapa de la cadena de valor.

El producto de estudio en el presente proyecto tiene una demanda fluctuante y en altas cantidades. El principal cliente es el IESS, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, el cual abastece a todos los hospitales y centros médicos del estado con lencería descartable. Muchas de las ventas se las realiza por medio de licitación y el IESS realiza pedidos en altas cantidades de producto. Es por ello que la compañía prefiere abastecerse de producto para así tener un alto nivel de servicio y no perder contratos importantes.

A continuación, se describe el desarrollo de la etapa de levantamiento de información y se detalla el funcionamiento de los procesos.

### **3.2 Distribución de la planta**

La planta de FAMEDIC se encuentra entre el puente dos y tres de la autopista General Rumiñahui en Quito. La misma tiene una edificación de tres pisos, un subsuelo, planta

baja y planta alta, y un galpón de bodega de producto estéril. La zona de producción se encuentra en la planta baja de la edificación y se compone de cuatro áreas: corte, confección, remate-doblado y sellado.

El corte dispone de dos mesas grandes para realizar su proceso y abastecer de tela a los módulos de confección. En el área de confección existen siete módulos. Cada módulo tiene entre nueve y diez máquinas repartidas entre máquinas rectas, overlock y de ultrasonido. Esta área de confección abastece al proceso de remate y doblado que es donde doblan y llenan las cajas para entregarlas al último proceso que es el sellado. El sellado es el que procesa todas las cajas que entregan los módulos. En la siguiente distribución se observa claramente las áreas de producción y la disposición de las máquinas según su tipo:

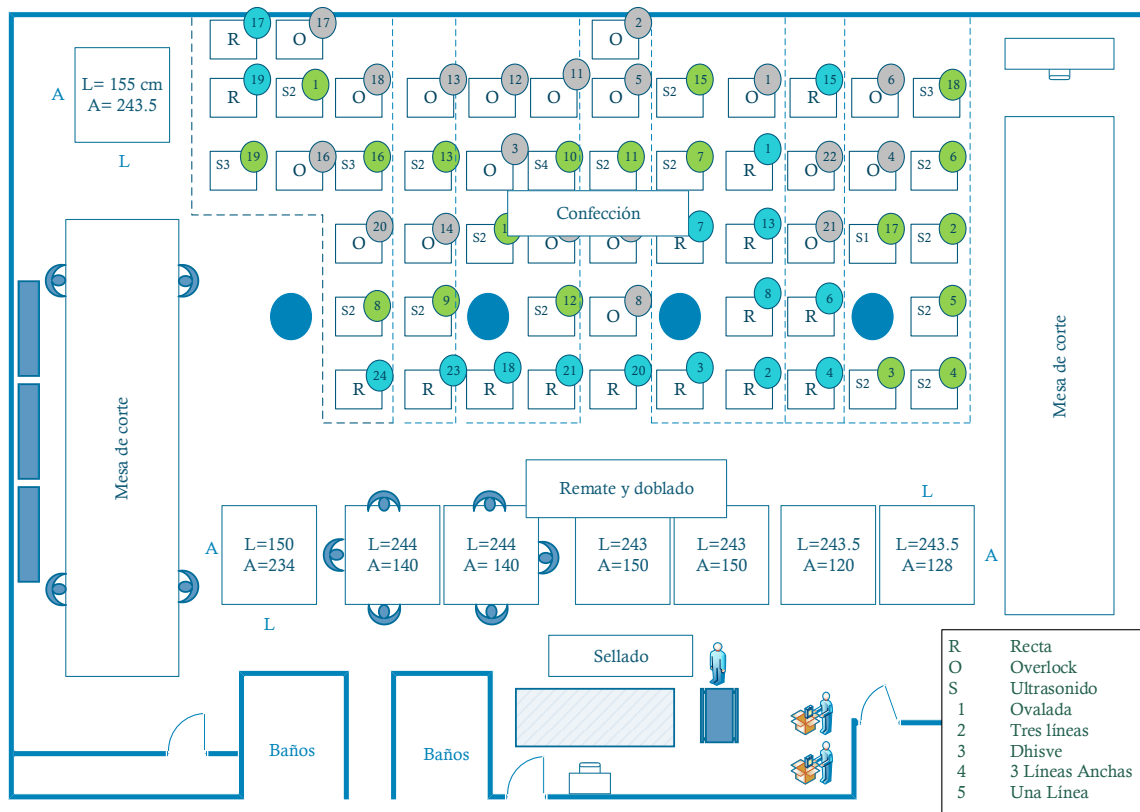


Figura 14. Distribución del piso de producción.

### 3.3 Levantamiento de procesos

El alcance del presente proyecto empieza desde el área de confección, pasando por remate y doblado para terminar en el sellado. Es por ello que se ha realizado el levantamiento de dichos procesos.

### **3.3.1 Área de confección**

El proceso previo a este proceso consiste en cortar la tela que viene en rollos. La tela que se utiliza es un compactado de color azul también llamado tela SMS, esta tela tiene la característica de ser transpirable y a la vez impermeable para evitar contacto con fluidos y tener la característica de también servir como barrera contra bacterias. El área de corte realiza tres diferentes cortes de materias primas para los procesos de confección. Este proceso previo consiste en cortar para toda la semana los cuerpos de la bata, las mangas y los puños. Para los puños utiliza una tela blanca de algodón. Para las mangas y cuerpos de bata se utiliza la tela SMS.

Una vez que el corte ha realizado estas partes, las almacena temporalmente en unos anaqueles. Es ahí donde comienza el proceso de confección. Dentro de dicho macroproceso existen 5 procesos que son:

- Confección de puños y mangas.
- Unión de mangas y cuerpo de bata.
- Confección de mangas hasta hombro.
- Unión/Pegado de tiras.
- Confección del ribete de cuello.

En cada uno de los procesos antes mencionados se utilizan tres diferentes tipos de máquinas que son la máquina recta, máquina overlock y máquina de ultrasonido.





Máquina overlock



Máquina recta



Máquina de ultrasonido

Figura 15. Máquinas de confección y ultrasonido.

### 3.3.1.1. Confección de puños y mangas

Este es el primer proceso y consta de tres actividades que son:

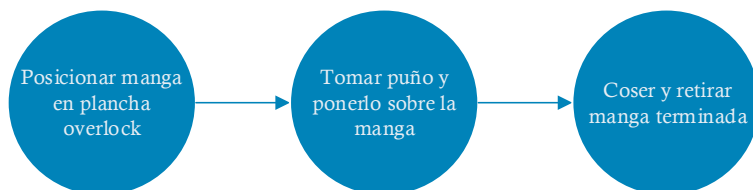


Figura 16. Diagrama de flujo proceso puños y mangas.

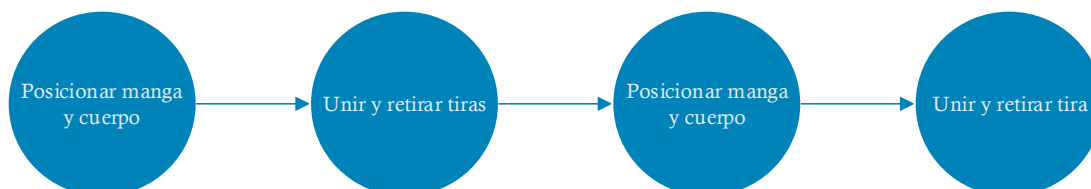
Para este proceso se hace uso de la máquina overlock y solo una costurera se encarga de realizar dicho sub-ensamble para abastecer al siguiente proceso que es el de unión de mangas y cuerpo.



*Figura 17.* Costurera en proceso de puños y mangas.

### 3.3.1.2. Unión de mangas y cuerpo de bata

El segundo proceso consiste en realizar la unión del sub-ensamble de las mangas, y el cuerpo de la bata. El proceso consiste en las siguientes actividades:



*Figura 18.* Diagrama de flujo de proceso de unión mangas y cuerpo de bata.

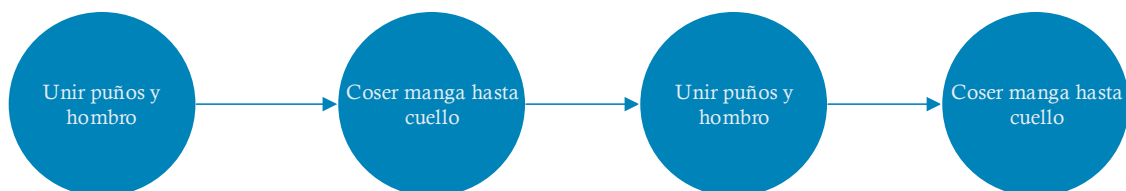
En este proceso se encuentran dos costureras uniendo en dos máquinas de ultrasonido. Una vez terminado este proceso pasa al siguiente que es la confección de mangas hasta hombros.



*Figura 19.* Costurera en proceso de unión de cuerpo y mangas.

### 3.3.1.3. Confección de mangas hasta hombro

El tercer proceso consiste en la confección, con ayuda de dos costureras en dos máquinas overlock, de las mangas hasta el hombro. El proceso consiste en las siguientes actividades:

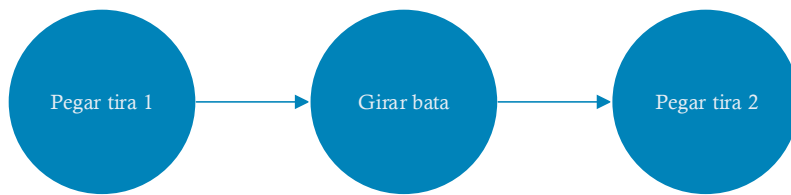


*Figura 20.* Diagrama de flujo de proceso de mangas hasta hombro.

Terminado este proceso, la costurera pone la bata en el piso cerca del siguiente proceso que es el pegado de tiras.

### 3.3.1.4. Unión/Pegado de tiras

El proceso de pegado de tiras consiste en agregar dos tiras en la zona media de la bata. En este proceso se utiliza una sola persona y una máquina de ultrasonido. El proceso consiste en las siguientes actividades:

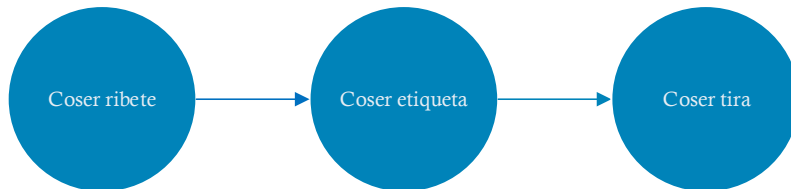


*Figura 21.* Diagrama de flujo de proceso de pegado de tiras.

Nuevamente, la costurera pone la bata terminada en el piso cerca del siguiente proceso que es el de confección del ribete de cuello.

### 3.3.1.5. Confección del ribete de cuello

Por último, se tiene el proceso de ribete de cuello que consiste en agregar una tela de color blanco de algodón en el cuello, una tira blanca y la etiqueta DHISVE. El proceso consiste en las siguientes actividades:



*Figura 22.* Diagrama de flujo de proceso de ribete de cuello.

Este proceso solo ocupa una persona y una máquina recta con una herramienta especial para ribete de cuello.



*Figura 23.* Costurera en proceso de ribete de cuello.

### **3.3.2 Remate y doblado**

Una vez que el proceso final de costura tiene la bata terminada, tres operadoras del área de remate y doblado se encargan de dirigirse al proceso de ribete de cuello y recogen del suelo, abrazando con sus brazos, las batas terminadas para dirigirlas a las mesas donde realizarán tres diferentes procesos. Estos tres procesos consisten en:

#### **3.3.2.1. Estirado de la bata**

Que consiste en revisar rápidamente en búsqueda de posibles defectos y a la vez dar la vuelta a la bata, doblarla y tenderla sobre la mesa. La rematadora apila sobre la mesa la bata estirada y lista para que pueda ser doblada y enfundada. En la siguiente figura se muestra la manera de apilar la bata:



*Figura 24.* Rematadora en proceso de estirar bata sobre la mesa.

Es importante notar que en este proceso la rematadora no recoge un número específico de batas para iniciar su proceso ya que solo lleva las que más alcance a tomar en sus brazos. Esto es una desventaja ya que pueden suceder cualquiera de los dos casos siguientes:

- Una rematadora toma gran cantidad de batas lo que desbalancea el proceso de las otras rematadoras. Mientras esta rematadora tiene muchas batas por procesar y trabaja al máximo, las otras tienen pocas y trabajan de manera menos eficiente.
- Una rematadora toma pocas batas lo que aumenta el número de transportes para recoger más batas, aumentando los tiempos perdidos en el proceso.

En cualquiera de los dos casos se pierde eficiencia en el proceso y termina siendo una posible restricción en el sistema.

Por otro lado, tampoco existe un número de batas específicas por apilar al momento que se las estira sobre la mesa. Esto hace que las tres rematadoras trabajen de manera diferente creando hábitos incorrectos que pueden desembocar en posibles pérdidas de productividad.

### 3.3.2.2. Doblado y enfundado

En este proceso, la rematadora dobla la bata de tal manera que permite ingresarla a una funda junto a su etiqueta. Para este proceso primero la rematadora dobla la bata y la apila en dos columnas de veinte y cinco batas. Una vez que tiene esa cantidad, empieza el proceso de enfundado de la bata que consiste en ingresar la misma junto a una etiqueta de papel dentro de una funda plástica especial.



*Figura 25.* Rematadora en proceso de estirado y apilado de batas.

De igual forma, este proceso carece de estandarización. Las rematadoras han establecido entre ellas mismas apilar columnas de veinte y cinco batas para poder contar adecuadamente cuantas unidades ponen por caja. Este paso genera un reproceso ya que se apila las batas para después volver a tomar estas batas e introducirlas en sus respectivas fundas.

Antes de poder realizar el enfundado, las rematadoras deben armar la caja, esta es una actividad no cíclica que consiste en armar la caja asegurando la parte inferior con cinta de embalaje y poner un sello en una de las solapas de la caja con el nombre y fecha de quien y cuando fue realizado el producto.

Una vez que la caja se ha llenado con cincuenta batas enfundadas, la rematadora debe llevar la caja al área de sellado y ponerla en la línea dispuesta para este módulo.

### 3.3.3 Sellado

El sellado es un área en la que le llegan todas las cajas de producto a sellar de todos los módulos. En el mismo disponen de tres operadoras, dos máquinas de sellado con banda transportadora y dos selladoras con pedal para sellar otro tipo de fundas más grandes.



*Figura 26.* Fotografía del área de sellado.

En la figura se puede notar de derecha a izquierda el proceso. Cada línea de la derecha representa a un módulo de confección, en el centro de la imagen se nota a la operadora realizando el sellado del producto, las cuales son transportadas por una banda hasta una caja grande donde se almacenan temporalmente para que posteriormente se pueda empaquetar las cajas y apilarlas para llevarlas a bodega. El proceso de entrega a bodega la realiza un operador que con un pequeño coche transporta las cajas de esta área hasta la bodega durante todo el día.

El proceso de sellado no siempre cumple con esta secuencia. Mucha de las veces sucede que cuando existe acumulación de cajas en las líneas, las operadoras del sellado toman dos o tres cajas para sellarlas. Una vez que todas las fundas de las cajas que han tomado están selladas, llenan y empaquetan las dos o tres cajas. Esta puede ser una práctica que facilita el trabajo, pero no es algo que se controla.

### **3.4 Estudio de tiempos**



Para el estudio presente se tomó tiempos de todas las actividades de confección, remate y sellado. El estudio de tiempos se lo realizó con ayuda de una aplicación para la plataforma Apple llamada “Estudio de tiempo industrial” desarrollada por Alex Elizondo. La misma cuenta con una interfaz amigable que permite identificar los siguientes aspectos de manera sencilla (Elizondo, 2016):

- Determinar el número de ciclos del proceso a evaluar.
- Determinar e identificar cada actividad del ciclo de proceso.
- Cronometro limitado a las actividades y ciclos antes determinados.
- Capacidad de eliminar tiempos no representativos de la operación como por ejemplo cuando el operador se distrae o realiza una actividad no cíclica.
- Calificar el proceso de acuerdo con el Sistema de Westinghouse.
- Adicionar suplementos de tiempo de acuerdo con el tipo de actividad.
- Evaluar y determinar tiempo estándar en unidad decimal y en segundos.

Los estudios realizados, de igual forma, se los puede exportar a una hoja de Excel para luego ser estudiados. En dicho archivo se encuentra una plantilla donde está representado el estudio de tiempos estándar (revisar sección de anexos). En todos los procesos se determinó una calificación normal del proceso, lo que significa que el tiempo normal sería igual al promedio de las muestras. Esto se debe a que las costureras son experimentadas en el desenvolvimiento de dichos procesos. De igual forma los suplementos para todas las áreas se estableció en un valor de once por ciento; siete por ciento por necesidades personales y cuatro por ciento por la fatiga que puede provocar el trabajo.

### **3.4.1 Tiempos estándar en confección**

Como se ha descrito anteriormente, en el área de confección se realizan cinco procesos agregadores de valor en la bata. Inicia desde la confección de las mangas y puños y termina en el ribete de cuello. La siguiente tabla demuestra el tiempo estándar por proceso sin determinar la cantidad de personas que trabajan por estación de trabajo.

Tabla 5.

Tiempo estándar en área de confección.

Resultado por área		Resultado por proceso		
Área	Tiempo estándar (seg)	Proceso	Tiempo estándar (seg)	Desvest (seg)
C o n f e c c i ó n	122,86	Puños - Mangas	20,47	1,79
		Mangas - Cuerpo	30,92	1,06
		Confección de mangas a hombro	33,65	2,34
		Pegado de tiras	20,79	0,89
		Ribete de cuello en máquina JUKI	17,02	3,00
		Ribete de cuello en máquina JACK		
		Ribete de cuello	12,58	1,13

Nota: Proceso ribete de cuello conforma dos tiempos estándar diferentes que es la realización del mismo proceso, pero en máquinas diferentes.

En el estudio de tiempos se identificó que el proceso de ribete de cuello, el cual se lo realiza en una maquina recta, tenía una diferencia de tiempo y desviación estándar de acuerdo con la marca de la máquina en que es realizado el proceso. Es decir, existen dos tipos de máquinas recta; una es la marca JUKI y la segunda es la marca JACK. En la planta existen mayor número de máquinas de tipo JUKI que están repartidas en los diferentes módulos de producción. Como se observa en la tabla, el proceso tiende a ser más eficiente cuando se lo realiza en la máquina JACK. Tanto el tiempo como

la desviación estándar del proceso son menores. El proceso en la máquina JACK en comparación a la máquina JUKI demuestra lo siguiente:

- Que puede realizar la operación un 26% más rápido.
- Que tiene un 62% menos en variabilidad del tiempo de proceso.

### 3.4.2 Tiempos estándar en remate

La siguiente tabla contiene el resultado del estudio de tiempos, calificaciones y suplementos:

Tabla 6.

*Tiempo estándar en área de remate.*

Área	Tiempo estándar (seg)	Proceso	Tiempo estándar (seg)	Desvest (seg)
R e m a t e	49,05	Estirado	33,18	6,33
		Doblado	11,01	0,94
		Enfundado	4,24	0,64
		<i>Alternativa de proceso</i>		
		Combinación Estirado y doblado María	41,32	6,32

*Nota: Se muestra una alternativa que combina el proceso de estirado y doblado.*

En esta área trabajan tres rematadoras María, Alexandra y Janeth. Alexandra y Janeth, son rematadoras que llevan tiempo trabajando en la empresa en comparación a María. A pesar de que las rematadoras más experimentadas tienen su forma de realizar su trabajo, que consiste en primero estirar una cantidad indefinida de batas para después doblarlas a todas, el estudio demuestra que es más eficiente estirar y doblar cada bata en un solo proceso, tal como lo hace María.

Si se suma el estirado y doblado de Alexandra o de Janeth se obtiene un tiempo total de 45 segundos por bata, que llega a ser mayor en 4 segundos en comparación al método de María. A pesar de no ser una diferencia muy amplia, representa ser un 9% más eficiente. Este 9% se debe a que existen actividades que no agregan valor al proceso y que se repiten constantemente. Estas actividades serán tomadas en cuenta en el capítulo 3 sobre Propuesta de mejora.

### 3.4.3 Tiempos estándar en sellado

La siguiente tabla contiene el resultado del estudio de tiempos, calificaciones y suplementos:

Tabla 7.

*Tiempo estándar en área de sellado*

Área	Tiempo estándar (seg)	Proceso	Tiempo estándar (seg)	Desvest (seg)
<b>Sellado</b>	5,54	Sellado de una caja	5,54	3,53

El sellado consiste en que una vez que la caja llena de batas llega a la línea de producto por sellar, la operadora toma la caja, sella cada funda, llena y cierra la caja. Esta área es clave para todos los módulos ya que debe sellar todas las cajas de producto producido por todos los módulos.

Un grave problema en esta área es que al final del turno todos los módulos tienden a enviar todas las cajas y se acumulan en las líneas de producto por sellar. Una correcta planificación de tiempo permitiría a esta área terminar con todo el producto del día.

### 3.4.4 Pared de balanceo de línea

La pared de balanceo permite relacionar los tiempos estándar por proceso con el la demanda y tiempo disponible que tiene cada turno para trabajar. Esta relación permite identificar cuantos operadores se necesita por proceso para balancear la línea y disminuir los posibles cuellos de botella. La siguiente tabla demuestra la pared de balanceo para una producción de 1600 batas diarias en nueve horas de trabajo.

Tabla 8.

Pared de balanceo actual.

Análisis de balance							
Tiempo disponible de producción (horas)			9		Horas/día		
Demanda diaria			1600		Unidades		
Tiempo total de valor agregado			173,64		Segundos		
Takt time			20,3		Seg/u		
Capacidad			1558		Unidades por día		
Balanceo			9		Personas		
Cantidad de operadoras actual			11,0		Personas		
Área	Actividad	Personas	Tiempo estándar (Te)	Tiempo con balance (Tb)	Takt time (Tt)	Tb vs Tt	Tiempo para cumplir demanda (horas)
Confección	Puños - Mangas	1	20,47	20,47	20,25	-1%	9,10
	Mangas - Cuerpo	2	30,92	15,46	20,25	24%	6,87
	Confección de mangas a hombro	2	33,65	16,82	20,25	17%	7,48
	Pegado de tiras	1	20,79	20,79	20,25	-3%	9,24
	Ribete de cuello	1	17,02	17,02	20,25	16%	7,56
Remate	Estirado		33,76	11,25	20,25	44%	5,00
	Doblado	3	11,45	3,82	20,25	81%	1,70
	Enfundado		4,47	1,49	20,25	93%	0,66
Sellado	Sellado y empaquetado	1	5,54	5,54	20,25	-	-

Nota: La columna Tb vs Tt demuestra cuanto tiempo le sobra o le falta (en rojo) al proceso para completar la demanda. De manera más concreta, en la última columna se representa el tiempo necesario para completar la demanda. Estas columnas no representan un valor en el área del sellado ya que la misma tiene diferentes productos por procesar. Además, el tiempo Tb es la división del tiempo estándar (Te) para la cantidad de personas que trabajan en el proceso.

Cómo se puede observar en la tabla, la demanda de 1600 batas puede ser cumplida en menos que nueve horas en la mayoría de los procesos. Es por ello que en muchas ocasiones las chicas se encuentran acabando su tarea antes de acabar el turno y aprovechan el tiempo para adelantar piezas para el día siguiente. El siguiente es un gráfico que representa la pared de balanceo en relación con el takt time:

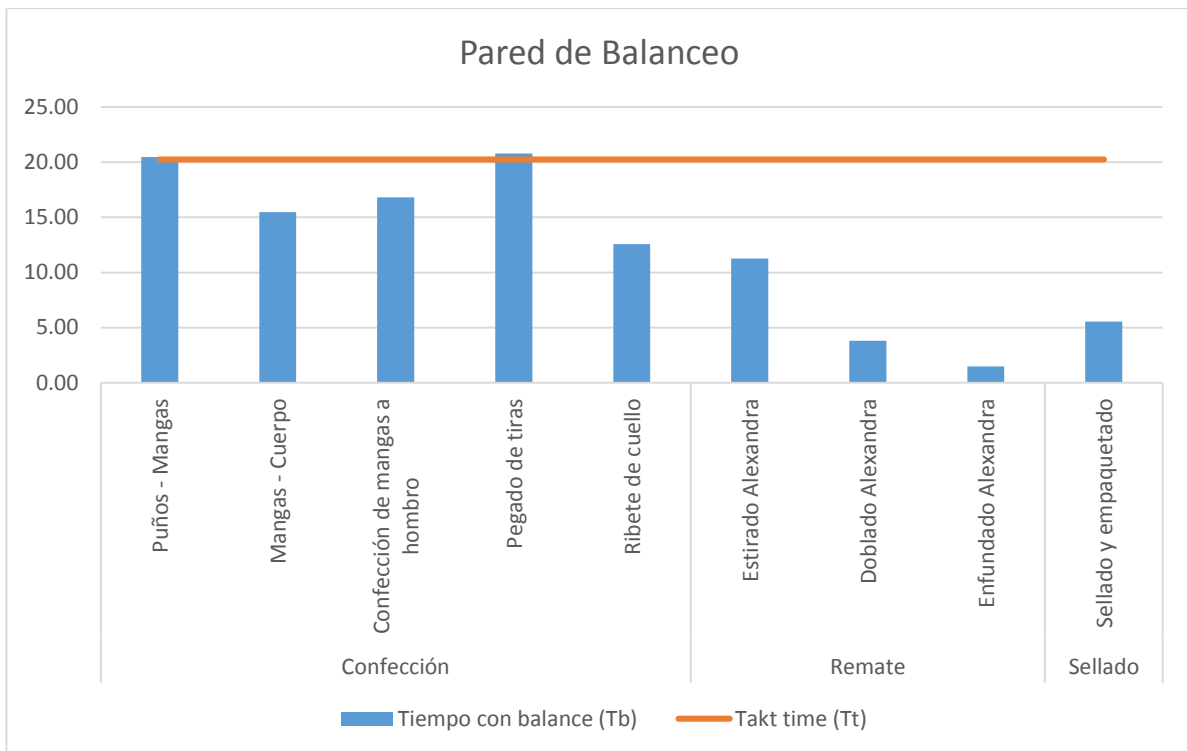


Figura 27. Gráfico de pared de balanceo.

Por otro lado, los procesos de puños-mangas y pegado de tiras son procesos que requieren de su máxima capacidad para así cumplir con dicha demanda. En el estudio se determinó que estos dos procesos no tienen procesos predecesores. Esto significa que no necesariamente deben estar en secuencia con los otros procesos. Por ello pueden ser procesos que trabajen de manera independiente y que alimenten a la línea principal.

### 3.5 Diagrama de procesos

Los diagramas de proceso se encuentran en la sección de anexos. Los mismos combinan el levantamiento de procesos junto al estudio de tiempos.

### 3.6 VSM del producto batas de cirujano

Para poder entender cómo funciona el proceso general de la elaboración de las batas de cirujano se hace uso de una herramienta muy útil que es el VSM, o también llamado mapa de la cadena de valor. El mismo presenta diferentes símbolos que permiten

visualizar el movimiento de la materia prima, demanda requerida del cliente, procesos, tiempos, entre otras.

3.6.1 VSM

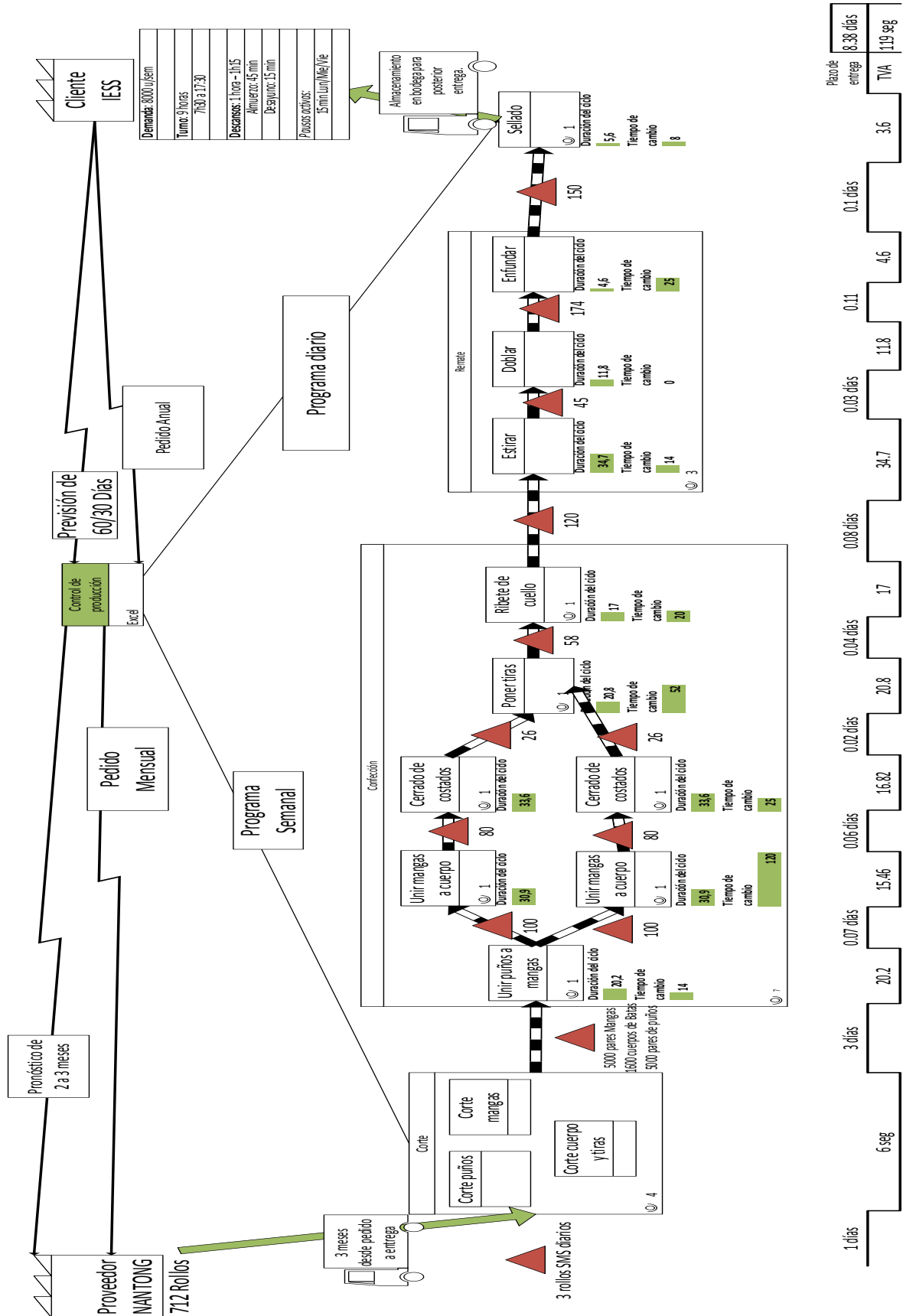


Figura 28. Mapa de la cadena de valor VSM del producto bata de cirujano.



Para aquel momento, el producto de batas de cirujano presenta una demanda de 1600 unidades diarias para cumplir con el pedido semanal 8000 unidades por módulo. El jefe de producción pide un informe a ventas de la cantidad y tipos de productos que se deben realizar y con ello realiza una planificación diaria para cada módulo de producción. Para ello hace uso de la tela SMS que es una tela especial para lencería médica. El proveedor de esta tela se encuentra en China y para ello se hace pedidos mensuales para así asegurar el nivel de servicio interno o demanda interna.

### 3.7 Simulación actual

En la actualidad se posee una serie de programas de mucha utilidad para la industria. Uno de ellos es un programa de simulación llamado Flexsim. Este es un programa que permite simular de manera casi exacta los procesos que uno desee evaluar. La misma se utiliza combinando conocimientos matemáticos, de programación y de ingeniería industrial.

Para el proyecto se procedió a realizar una simulación de los procesos de confección, remate y sellado, y con él se pueden evaluar el tiempo de trabajo (*processing*) y tiempos ineficientes del trabajo (*idle*). La siguiente figura demuestra el resultado de trabajo en una jornada de 9 horas y 1600 batas realizadas.

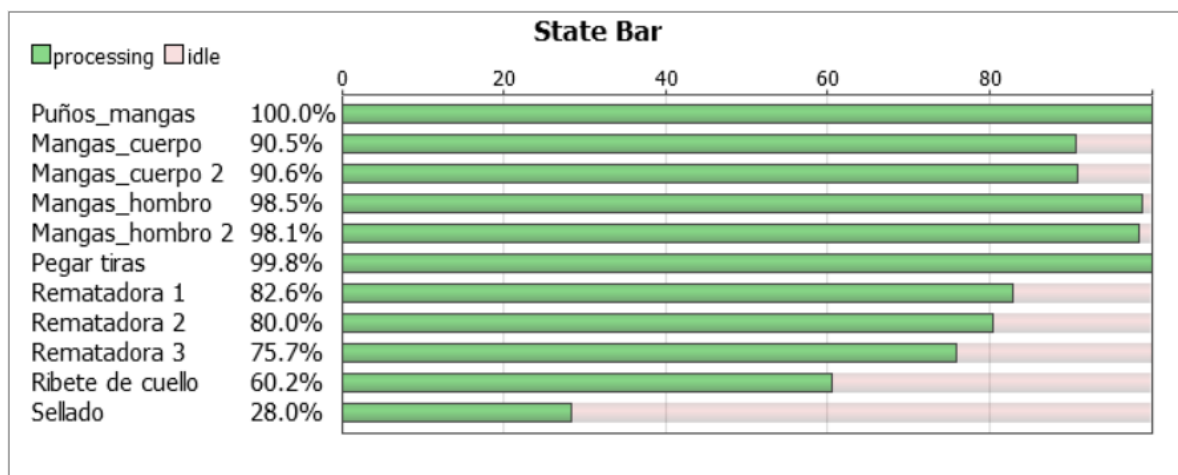
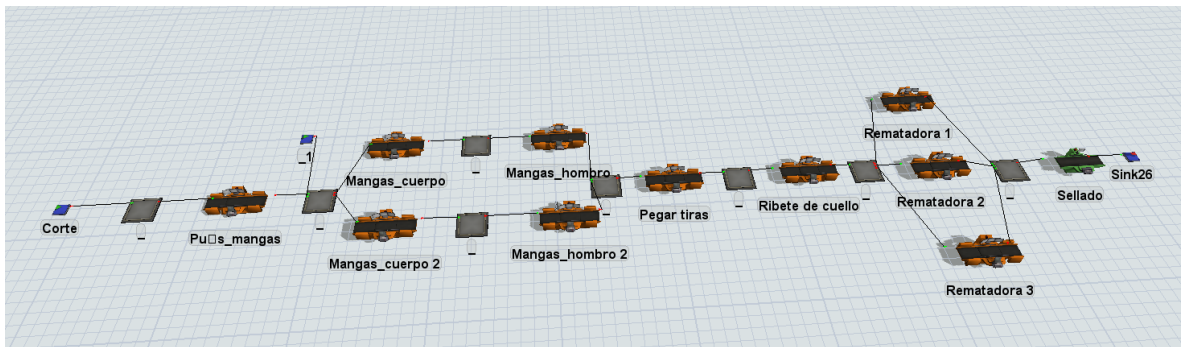


Figura 29. Resultados de tiempo de procesamiento e ineficiente por Flexsim  
Tomado de: (FlexSim, 2016).

Cómo se puede observar, existen procesos que trabajan el 100% del tiempo para poder cumplir con la demanda de los siguientes procesos y hay otros que tienen bajos porcentajes de trabajo, lo que disminuye la eficiencia del proceso.

La siguiente figura es una referencia del modelo representado en 3D utilizando el programa FlexSim y de donde salieron los resultados.



*Figura 30.* Modelo 3D de la simulación actual de la línea de confección de batas.

Tomado de: (FlexSim, 2016)

Dentro del programa de FlexSim también existe una herramienta llamada Experfit. Esta herramienta permite evaluar los datos tomados y distinguir que curva estadística es la más apropiada para los datos. Para la simulación de los procesos se programó a cada estación de trabajo con tiempos que cumplieran con una distribución normal, es decir, que poseen una media y una desviación estándar. Para comprobar si esta programación era adecuada, se evaluó los tiempos de tres diferentes procesos tomados al azar usando la prueba de Kolmogorov-Sminov, que permite saber que tan confiable es la hipótesis de que los datos se comportan de manera normal.

### 3.7.1 Evaluación Experfit de proceso Mangas-hombro

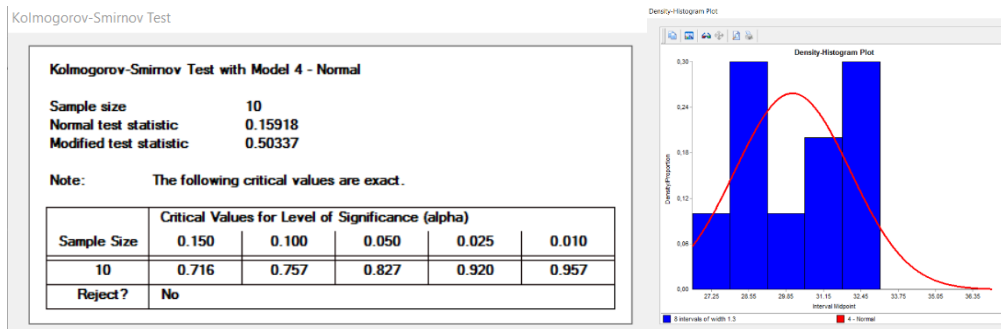


Figura 31. Comprobación Kolmogorov-Sminov test proceso Mangas-Hombro.  
Tomado de: (FlexSim, 2016)

Para interpretar el cuadro presentado se explica que para un nivel de confianza del 99%, mostrado con el valor de 0,010 en la fila de *Sample Size* en la tabla, nos dice que no se debe rechazar la hipótesis de que los tiempos se comportan de manera normal.

### 3.7.2 Evaluación Experfit de proceso Ribete de cuello

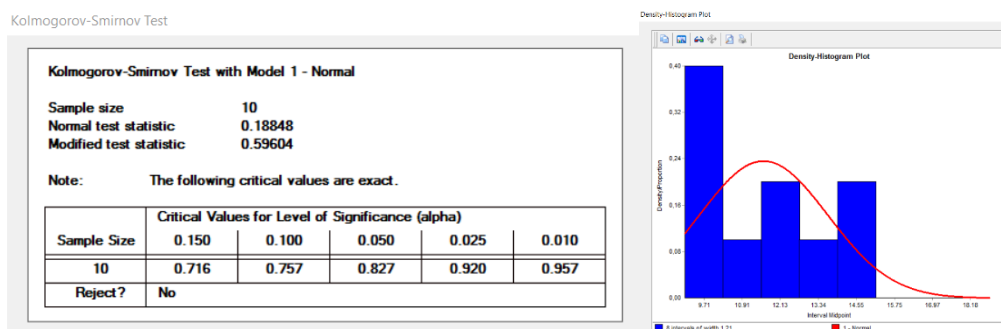


Figura 32. Comprobación Kolmogorov-Sminov test proceso Ribete de cuello.  
Tomado de: (FlexSim, 2016)

De igual forma, para un nivel de confianza del 99%, el test de Kolmogorov-Sminov dice que la hipótesis, de que los tiempos se comportan de manera normal, no debe ser rechazada.

### 3.7.3 Evaluación Experfit de proceso Enfundado

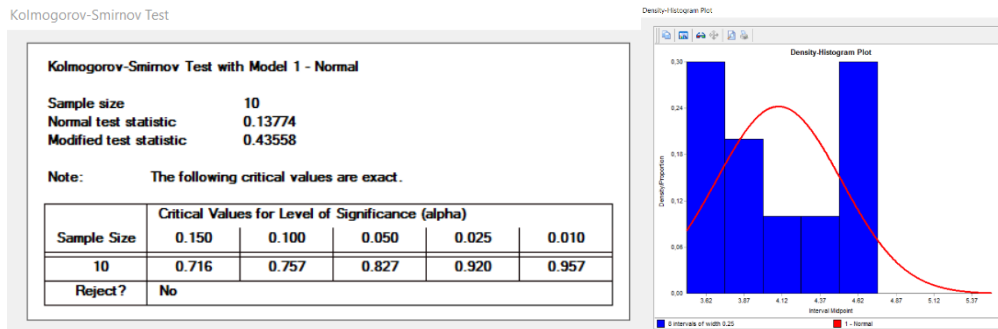


Figura 33. Comprobación Kolmogorov-Sminov test proceso de Enfundado.

Tomado de: (FlexSim, 2016)

Finalmente, la prueba de Kolmogorov-Sminov demuestra que el tiempo en el proceso de enfundando también se comporta de manera normal, y que a un nivel de confianza del 99% no se debe rechazar la hipótesis.

En conclusión, la simulación permite programar los procesos con una distribución normal que posee una tiempo promedio y desviación estándar. Esto asegura que la simulación se encuentra lo más cercana a la realidad.

### 3.8 Principales hallazgos y oportunidades de mejora.

#### 3.8.1 Confección

- Existe mucha desorganización y desorden en la línea. La acumulación de material en el piso es evidente y el manejo del producto para transportarlo del área de confección al área de remate es poco ergonómico e ineficiente. Además, las batas se arrugan y se les adhieren hilos sueltos en el suelo, que hacen que en el remate tengan que retirarlos.
- La máquina recta de marca JACK demostró ser más eficiente que la maquina JUKI en un 26%.
- En el estudio, se identificó que los procesos de puños-mangas y pegado de tiras no necesitan ser secuenciales ya que no dependen de un proceso predecesor.
- El enfoque en la calidad del producto no está presente en las costureras. En repetidas veces se observó que se cometieron errores de costura y para no

demorarse mucho tiempo en arreglar el defecto, dejaron pasar sin preocuparse por ello.

- Se observó que la costurera del proceso de ribete de cuello tiene que levantarse, tomar con sus brazos la mayor cantidad de batas que pueda y ponerlas en un lugar donde se le facilite tomar cada bata para su proceso.

### **3.8.2 Remate**

- Los defectos de calidad no son tomados en cuenta; la rematadora entrega la prenda a la encargada del proceso en confección la cual retrabaja la prenda son reportarla y sin un control de artículo retrabajado.
- Realizar actividad de estirado y doblado de la bata en un solo proceso representa un 9% más eficiencia que realizar los procesos por separado.
- Existen ocasiones en las que la rematadora encuentra que a la bata le hace falta haber pasado por uno de los procesos de confección. Normalmente los procesos que se saltan son los de pegado de tiras y el ribete de cuello.
- Para poder empezar el proceso de doblado, la rematadora debe dirigirse al proceso de ribete de cuello y tomar la mayor cantidad de batas que pueda. El proceso de ribete de cuello consiste en poner una tela de algodón en los cuellos y para facilitar el proceso, nunca corta la tira entre bata y bata. Esto hace que las batas queden unidas unas con otras por medio de esta tira de algodón. La rematadora debe cortar todas estas tiras para separar cada bata y esto le toma entre 2 y 4 minutos.

### **3.8.3 Sellado**

- En el área del sellado se acumulan las cajas al final del día ya que muchos módulos adelantan la tarea del día siguiente y prefieren entregar más producto para aligerar la tarea del día siguiente. Esto hace que el sellado no sepa que cajas son de la producción de ese día y cuales son del día siguiente y en el caso del producto de batas de cirujano quedan cajas por sellar que si pertenecen al día de producción y no son adelanto.

- Una correcta planificación de tiempo en el área del sellado permitiría no dejar producto por sellar al final del día.

#### **3.8.4 VSM**

- No existe comunicación entre los procesos de confección y el jefe de producción y calidad. Esto no permite que exista control de dichos procesos. La única información que se sabe es cuanto produjo el corte en partes y cuanto selló el sellado por módulo.
- Existe mucho producto por ser procesado entre cada estación de trabajo.

## **4. Capítulo IV. Propuesta de Mejora**

### **4.1 Propuesta de mejora**

El presente capítulo describirá las propuestas de mejora a partir de los hallazgos encontrados en el capítulo anterior. La importancia de implementar estas mejoras ayudará a que el aumento de productividad sea posible. Es importante recordar que existen propuestas que son de mayor importancia que otras, pero la combinación y suma acumulada de mejoras servirá para obtener mayores y mejores resultados. También se planteará un plan de implementación de dichas mejoras que ayudará a facilitar el proceso de cambio. Otro punto importante es que el presente proyecto puede ser repetido en todos los diferentes productos de la compañía, iniciando con los de mayor importancia hasta terminar mejorando todos los procesos.

El trabajo estandarizado es la herramienta base para la implementación de otras herramientas *Lean* que permiten ser más competitivos y eliminar o minimizar los desperdicios que existe en la empresa. No se debería estandarizar un proceso incorrecto por lo que es indispensable que se tomen en cuenta las consideraciones en el presente capítulo para posteriormente estandarizar.

### **4.2 Familia de productos**

A pesar de que el alcance del presente proyecto afecta a un solo producto, es importante agrupar los productos en familias para que las líneas de producción, llamados módulos de confección en la compañía sean eficientes y engloben mayor cantidad de productos. Para comprender lo que es una familia de productos es necesario saber los procesos, y en su caso, las máquinas que cada producto tenga. En una empresa textil se tienen diferentes máquinas y estas máquinas poseen aplicativos que permiten desarrollar cada proceso. Actualmente cada módulo está organizado de tal manera para que pueda producir ciertos productos, pero no existe un análisis de que módulos debería o no deberían producir ciertos productos. Es por ello que después del estudio, que comprendía el identificar que productos seguían similar secuencia de producción pasando por maquinas similares, se definió la posible distribución de cada módulo, pero ahora con la diferencia de que sería un módulo por cada familia de producto.

La siguiente tabla demuestra el orden en secuencia de proceso de acuerdo con cada máquina y su aplicativo:

Tabla 9.

*Secuencia de procesos por máquina por producto.*

No	PRODUCTO	MÁQUINA						OVERLOK	TIPOS DE MAQ USADAS
		RECTA CON REBETEADORA	RECTA	RECTA PIE DE ELASTICO	SONIDO RUEDA CORTE	SONIDO RUEDA PUNTO	OVERLOK CON FOLDER ELASTICO		
1	BABERO ODONTOLÓGICO	a							R
2	BOXER				b		c	a	SOO
3	FUNDA MAYO				a a	b b			SSSS
4	GORRO ENFERMERA						a		O
5	GORRO CIRUJANO CON FILTRO		a					b	RO
6	PIERNERAS				a				S
7	CAMPOS DE OJO					a b			SS
8	BATAS DE CIRUJANO	e			b b	d		a c c	RSSSOO
9	BATAS DE PACIENTE	c c			a a	b b b			RRSSSS
10	BATAS IMPERMIABLES	g			a c d	f		b e	RSSSOO
11	BLUSA TERNO CIRUJANO	d			b	a		c	RRSSSOO
12	PANTALON TERNO CIRUJANO		a		c	d		b	RRSSSOO
13	SÁBANAS CON ELÁSTICO			b b b	a a				RRRSS
14	BOTAS			b c c	a a				RRRSS
15	COMPRESAS		a						R
16	BRAZIER		a c			b			RRS
17	TANGAS					a			S
18	TOPS		a	b					RR
19	DELANTAL ODONTOLÓGICO	g			e	b c d		a f	ROOOSS
20	DELANTAL MULTUSO			e	b b	a		c c d	RSSSOO
21	TRAJES DE PROTECCIÓN	b		g i	c			a d e f h	RRRSOOOO
		2	2	3	3	3	1	2	

*Nota: El orden secuencial de cada proceso se define de acuerdo con el orden alfabético.*

Siguiendo este patrón y bajo un análisis de la secuencia y tipo de máquinas se definió los siguientes módulos y familias de productos:

Tabla 10.

*Módulos propuestos de acuerdo a su familia de productos.*

MÓDULO	MÁQUINAS	PRODUCTOS QUE SATISFACE	CONFIGURACIÓN
A	<i>Rf-Rp Sc-Sp Of-O</i>	Babero odontológico	Rf
		Gorro cirujano	Rf O
		Tops	R Rp
		Bóxer	O Sc Of
		Piernerias	Sc
		Campo ojo	Sc Sp
		Brazier	R Sp
		Tangas	Sp
		Gorro Enfermera	Of
		B	<i>Rp-Rp-Rp Sc-Sc</i>
Botas	ScSc Rp RpRp		
C	<i>Rf-Rf Sc-Sc-Sp O-O-O-O</i>	Batas de cirujano	O ScSc OO Sp Rf
D	<i>Rf-Rf Sc-Sc-Sp O-O-O-O</i>	Batas de cirujano	O ScSc OO Sp Rf
E	<i>Rf-Rf Sc-Sc-Sp-Sp O-O-O-O</i>	Ternos	Sp Sc O Rf - Rp O Sc Sp
F	<i>Rf-Rf-Rp S-S-S-S O-O-O</i>	Botas	ScSc Rp RpRp
		Sábanas	ScSc RpRpRp
		Batas de paciente	ScSc SpSpSp RfRf
		Batas impermeables	Sc O Sc Sc O Sp Rf Sc O
G	<i>Rpt-Rp-Rf Sc-Sp-Sc O-O-O-O-O</i>	Batas de cirujano	O ScSc OO Sp Rf
		Trajes de protección	O Rpt Sc O O O Rp O Rp
		Funda Mayo	ScSc Sp

*Nota: Rf: Recta con folder, Rp: Recta con pie de elástico, Sc: Sonido con rueda de corte, Sp: Sonido con rueda de puntos, Of: Overlock con folder elástico.*

Estos son módulos recomendados para la situación actual de la compañía, mas no son inherentes del proyecto. Esta es considerada una mejora de menor importancia, pero se la menciona para tenerla en cuenta a futuro para cuando se desee mejorar el resto de productos. Por el momento, el enfoque será al módulo de confección de batas de cirujano.

Adicional, es importante recordar que solo se ha tomado en cuenta la configuración del área de confección mas no de remate y sellado. Esto se debe a que todos los módulos tienen estos macroprocesos en sus líneas de producción así que están considerados intrínsecamente.

#### 4.3 Mejora del módulo de batas de cirujano



En esta sección se describirán las mejoras necesarias para poder aumentar la productividad. En el momento del estudio, se fabricaban 1600 batas en nueve horas de producción. Las mejoras que se detallarán a continuación buscan aumentar la producción a 1800 batas en un turno de ocho horas, esto significa 26% más de lo actual. Estas mejoras consisten en una correcta distribución del módulo, planificar eficientemente la producción y enfocarse en mejorar y fortalecer la cultura.

### 4.3.1 Distribución

En el estudio de situación actual se encontró que el módulo carecía de una adecuada organización. Los espacios entre módulos y entre máquinas eran reducidos. Además de ello, los procesos de confección trabajaban de manera desbalanceada y sin comunicación y control por parte del departamento de producción.

La mejora en la distribución es parte de las mejoras importantes. Una buena aplicación de esta etapa definirá el éxito del aumento en la productividad. Ya que el objetivo en este proyecto es demostrar la posibilidad de aumento de la producción a 1800 batas, es necesario enfocarse en la pared de balanceo. Esta pared relaciona la demanda, 1800 batas por día, y el tiempo disponible, 8 horas por día, con los procesos actuales.

Tabla 11.

*Pared de balanceo con mejora.*

Análisis de balance							
<b>Tiempo disponible de producción (horas)</b>			8	<i>Horas/día</i>			
<b>Demanda diaria</b>			1800	<i>Unidades</i>			
<b>Tiempo total de valor agregado</b>			174,18	<i>Segundos</i>			
<b>Takt time</b>			16,0	<i>Seg/u</i>			
<b>Capacidad</b>			1385	<i>Unidades por día</i>			
<b>Balanceo</b>			11	<i>Personas</i>			
<b>Cantidad de operadoras actual</b>			11,0	<i>Personas</i>			
Área	Actividad	Personas	Tiempo estándar (Te)	Tiempo con balance (Tb)	Takt time (Tt)	Tb vs Tt	Tiempo para cumplir demanda (horas)
Confección	Puños - Mangas	1	20,47	20,47	16,00	-28%	10,24

	Mangas - Cuerpo	2	30,92	15,46	16,00	3%	7,73
	Confección de mangas a hombro	2	33,65	16,82	16,00	-5%	8,41
	Pegado de tiras	1	20,79	20,79	16,00	-30%	10,40
	Ribete de cuello	1	17,02	17,02	16,00	-6%	8,51
	Estirado		33,76	11,25	16,00	30%	5,63
Remate	Doblado	3	11,45	3,82	16,00	76%	1,91
	Enfundado		4,47	1,49	16,00	91%	0,74
Sellado	Sellado y empaquetado	1	5,54	5,54	16,00	-	

*Nota: La columna Tb vs Tt demuestra cuanto tiempo le sobra o le falta (en rojo) al proceso para completar la demanda. De manera más concreta, en la última columna se representa el tiempo necesario para completar la demanda. Estas columnas no representan un valor en el área del sellado ya que la misma tiene diferentes productos por procesar. Además, el tiempo Tb es la división del tiempo estándar (Te) para la cantidad de personas que trabajan en el proceso.*

La tabla presenta los mismos tiempos estándar actuales de proceso.

Para un aumento del 26% en la producción, los procesos de puños-mangas y pegado de tiras serían los que se encuentran con tiempos de procesos mayores al *takt time*, complicando cumplir con dicha demanda. El proceso de Confección de mangas a hombro y Ribete de cuello se encuentra ligeramente sobre el *takt time*, pero esto no representa mayor problema y su solución será tratada posteriormente.

#### 4.3.2 Mejora en confección

Cómo se puede observar, el proceso de pegado de tiras se encuentra de manera secuencial cuando en el estudio de situación actual se detectó que no era necesario que siga este orden. Partiendo de este hallazgo se plantea que el proceso de puños-mangas y pegado de tiras sean separados del proceso y sean insertados en un módulo nuevo llamado Módulo de Sub-ensambles. Este módulo deberá ir creciendo en maquinaria de acuerdo a la necesidad de producir prendas denominadas “sub-ensambles” de otros productos. Por el momento, este módulo tendrá las dos máquinas utilizadas para los procesos mencionados que son máquina overlock y una máquina de sonido. La siguiente figura demuestra la mejora física del módulo.

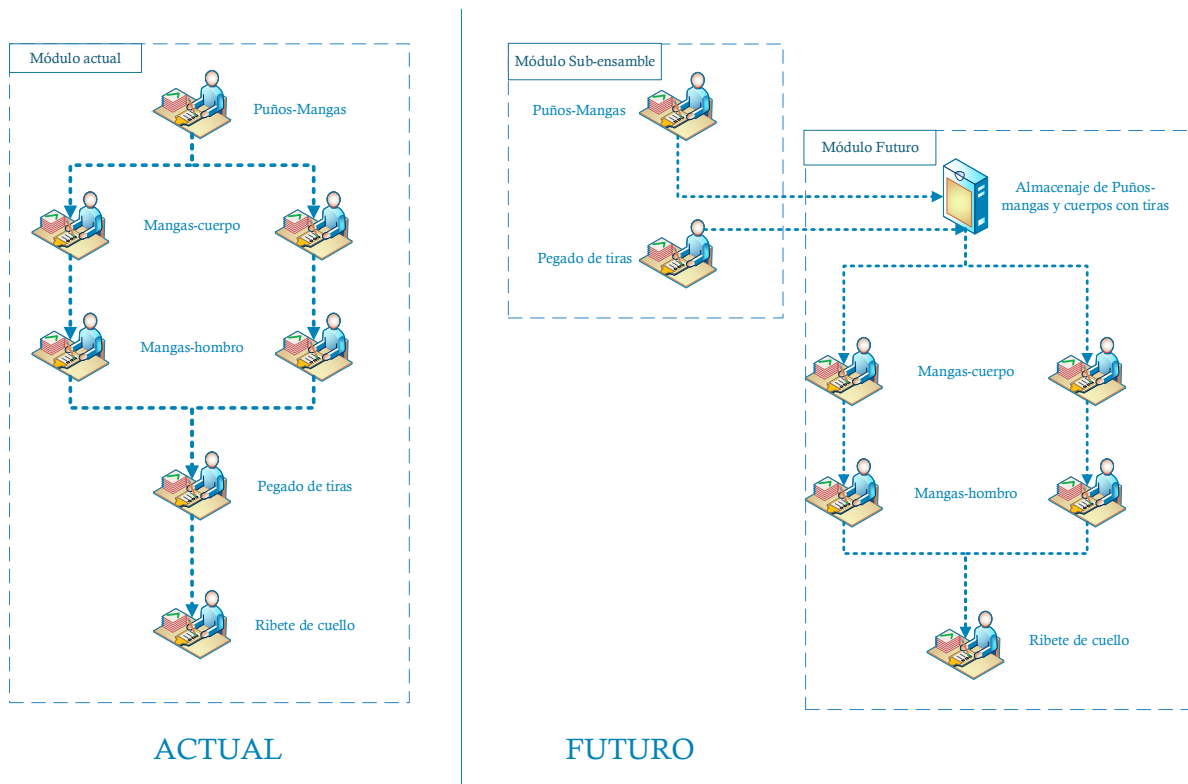


Figura 34. Comparación módulo actual a módulo futuro.

El objetivo es que la materia prima del proceso Mangas-Cuerpo sean las mangas confeccionadas y los cuerpos de la bata ya con la tira puesta. Esta mejora permite que los procesos principales, Mangas-Cuerpo, Mangas-Hombro y Ribete de cuello, trabajen en línea y con tiempos relativamente similares y balanceados.

### 4.3.3 Mejora en Remate

El remate realiza las actividades de estirar, doblar y enfundar la bata. Se identificó que es el proceso de combinar las actividades es más eficiente que hacerlo por separado, es por ello por lo que la mejora en remate es la de realizar las actividades de manera combinada. Con esto se obtiene una mejora en eficiencia de 7.85%. La siguiente tabla compara el tiempo actual contra el tiempo propuesto:

Tabla 12.

*Comparación de tiempo en remate con actividades combinada.*

ACTUAL		PROPUESTO	
Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo
Estirado	33,76		
Doblado	11,45	Estirado, doblado y estirado	45,79
Enfundado	4,47		
<b>Tiempo sin operadoras</b>	<b>49,68</b>	<b>Tiempo sin operadoras</b>	<b>45,79</b>
<b>Tiempo con operadoras</b>	<b>16,56</b>	<b>Tiempo con operadoras</b>	<b>15,26</b>

*Nota: El tiempo con operadoras es resultado de dividir el tiempo sin operadoras para tres, ya que existen 3 rematadoras que realizan el mismo proceso.*

Como se puede observar, el realizar las tres actividades combinadas permiten cumplir con un tiempo propuesto menor al *takt time* de 16 segundos y con esto la línea quedaría balanceada.

Una vez que el proceso esté ordenado de esta manera, el gráfico de pared de balanceo quedaría de la siguiente manera:

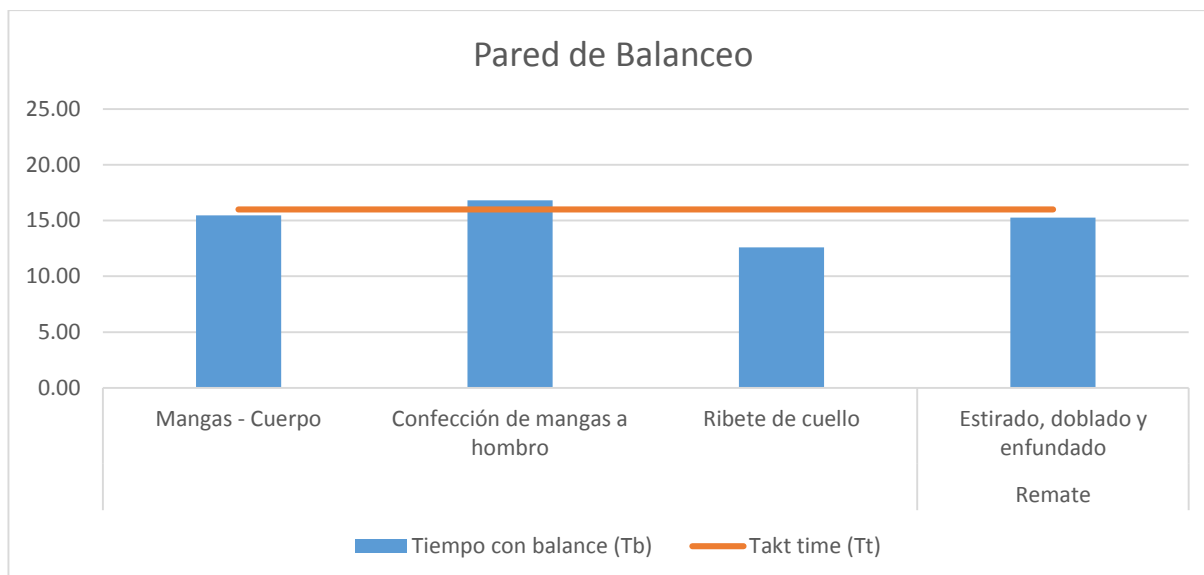


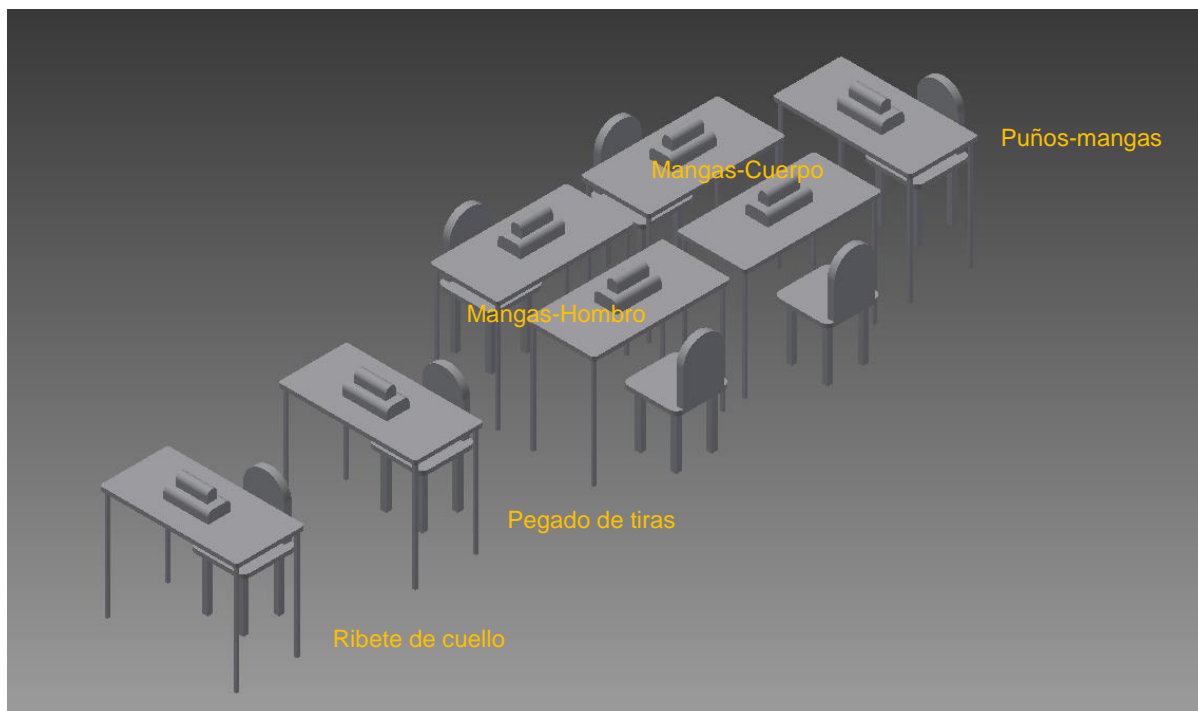
Figura 35. Pared de balanceo procesos Confección y Remate.

Nuevamente, los procesos de confección de mangas a hombros y ribete de cuello serán tomados en cuenta en las siguientes etapas de mejora.

#### 4.3.4 Mejoras físicas

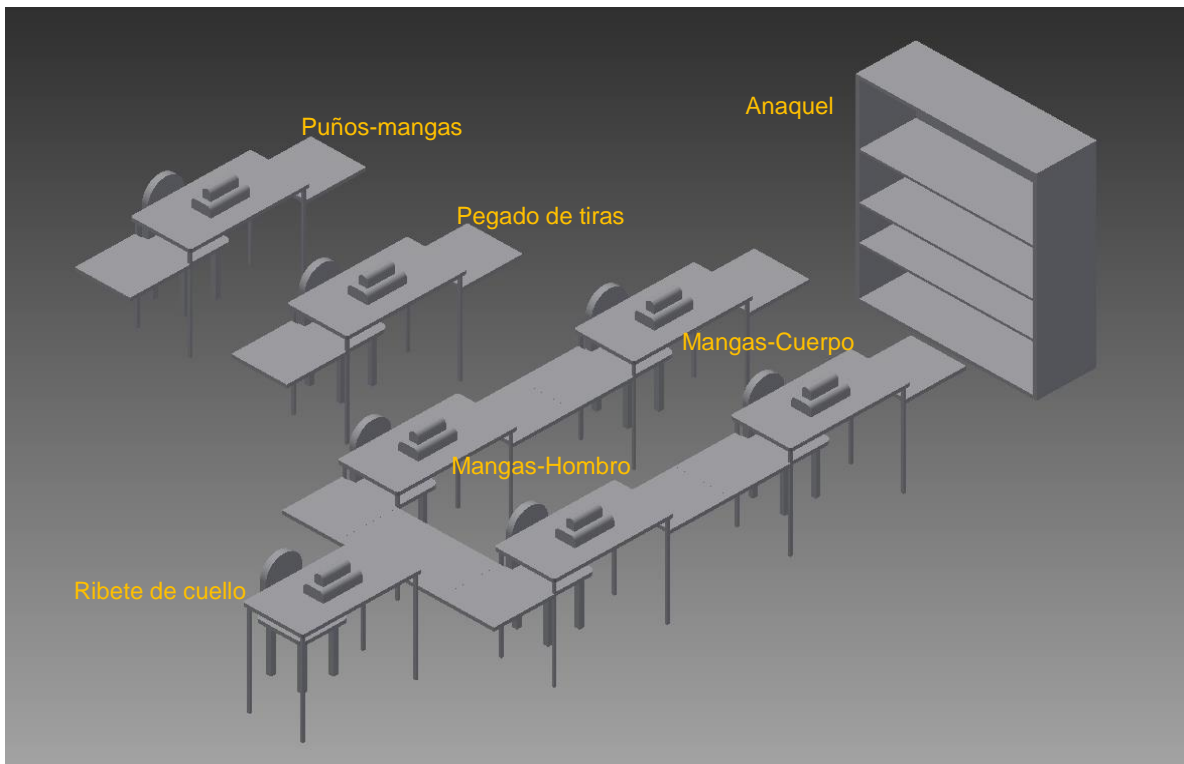
Se encontró que el área de confección muestra mucha desorganización y espacios reducidos. Las máquinas se encuentran muy cerca unas con otras y no existe espacios adecuados para la materia prima de cada proceso. Lo que se propone como primer punto es dar al módulo más espacio entre máquinas. Considerando que de la línea principal se extraería dos máquinas que son las del proceso de Puños-Mangas y Pegado de tiras; esto permite tener mayor espacio. Aprovechando esto, se recomienda poner entre cada proceso mesas que estén en cada lado de la mesa principal de confección. Esto ayudaría a que las operadoras puedan acomodar la materia prima y el producto procesado sobre las mismas. Esto facilitaría el movimiento del inventario en proceso y evitaría que se encuentre en el piso.

La siguiente figura es una representación de la distribución actual de las máquinas:



*Figura 36.* Distribución actual 3D de módulo de confección de batas de cirujano Tomado de: (Autodesk, 2015).

A continuación, se muestra la distribución propuesta con la mejora en las mesas y mayor espacio.



*Figura 37.* Distribución propuesta 3D de módulo de confección de batas de cirujano. Tomado de: (Autodesk, 2015).

También, se puede agregar un anaquel al inicio de la línea donde se deberá almacenar la materia prima. Además de ello, para el proceso final de ribete de cuello se propone agregar unas canastas, máximo tres, que permitan depositar el producto final en ellas para que el trabajo de las rematadoras pueda facilitarse al ir a recoger las batas.



*Figura 38.* Canasta modelo para proceso Ribete de cuello

Estas mejoras físicas en confección beneficiarían la organización en el módulo para evitar tener batas en el suelo y ayudar al flujo del producto. Se espera que con esta mejora en el flujo se optimice los tiempos de proceso de los procesos Cuerpo-Mangas, Mangas-Hombro y Ribete de cuello entre un 5% y 10%. Este porcentaje se obtiene ya que se identificó que el tiempo que se pierde en tomar una bata en el proceso de Mangas-Hombro llega a ser casi de 3 segundos. Es por ello que se busca minimizar este tiempo. La referencia de este tiempo se puede encontrar en el Anexo 3 en la sección de anexos.

Además, se recomienda que se haga uso de la máquina recta marca JACK en el proceso de ribete de cuello. Esto se debe a que se identificó que esta máquina es más eficiente en tiempo que la JUKI.

#### **4.3.5 Planificación**

Para todo proyecto se debe llevar una correcta planificación que permita abastecer a la línea con la cantidad de materia prima y tiempo necesario para cumplir con el objetivo de aumento de producción a 1800 batas en un turno de ocho horas de trabajo. El MRP, planificación de requerimientos de material, es una herramienta que sirve para planificar adecuadamente la cantidad de materiales necesarios para la producción. La herramienta del MRP es sencilla de utilizar siempre y cuando se

entiendan los conceptos que se utilizan. Entre los conceptos que se deben saber están:

- Necesidad Bruta (NB): Demanda diaria o semanal del producto.
- Disponibilidad (D): *Stock* inicial del producto final o semiterminado que se dispone para satisfacer las necesidades netas.
- *Stock* de seguridad (SS): Cuando la empresa lo requiere, se puede hacer uso de un inventario o *stock* de seguridad por material. Esto se aplica a productos donde es necesario abastecerse de una cantidad fija que solo se hace uso en casos de emergencia en los que no se puedan cumplir con los pedidos. Este *stock* no se considera para satisfacer la necesidad bruta.
- Necesidades Netas (NN): Este es un cálculo que depende de la disponibilidad:

- Si la disponibilidad es mayor que cero;

$$NN = NB - D + SS \quad \text{Ecuación 7}$$

- Si la disponibilidad es igual a cero;

$$NN = NB \quad \text{Ecuación 8}$$

- *Lead time* (LD): Tiempo necesario que demora un material en ser entregado.
- Emisión de órdenes planificadas (EOP): Indica la cantidad y fecha en la cual se debe lanzar el aviso para la fabricación o compra de un material para poder cumplir con las necesidades netas. El cálculo del EOP se calcula trasladando las necesidades netas (NN) hacia atrás según lo diga el *lead time*.

En este caso será necesario identificar la lista de materiales (BOM) que comprende la bata de cirujano. Esta lista se dividirá de la siguiente forma:



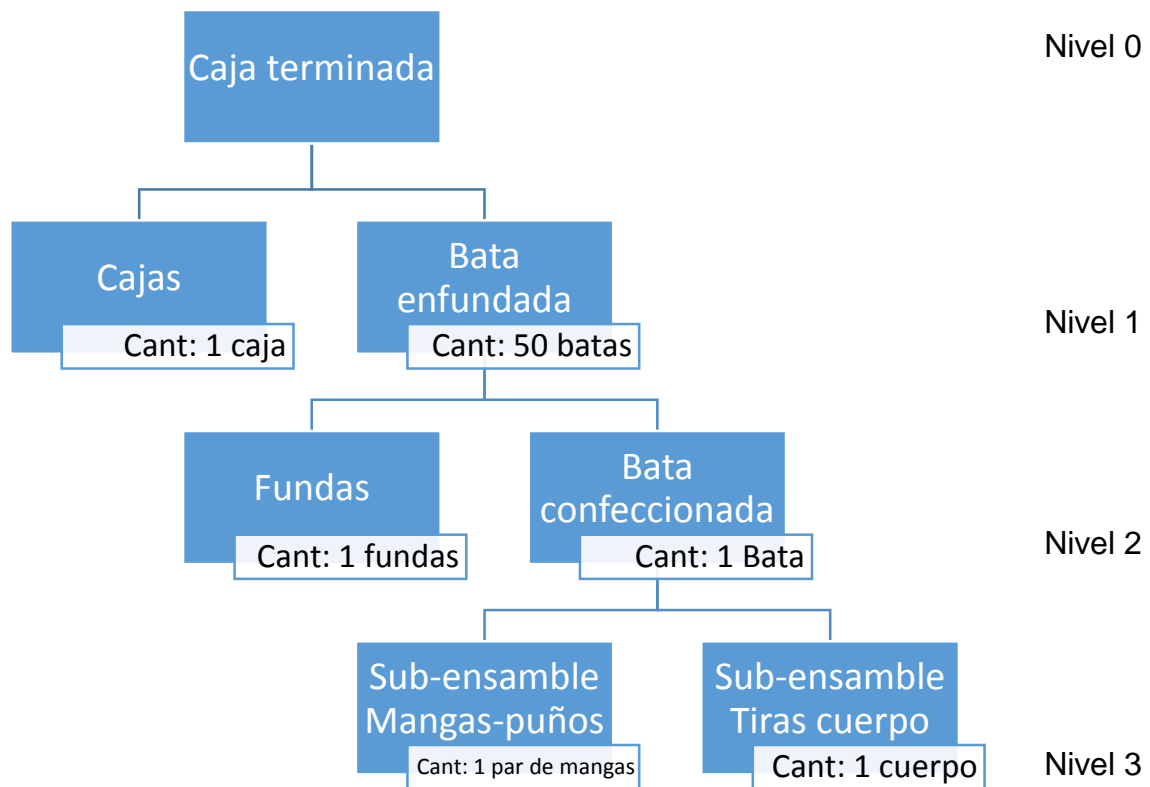


Figura 39. Lista de materiales para una caja de batas de cirujano sellada.

La figura representa lo siguiente:

- Para una caja terminada se necesita de una caja y cincuenta batas enfundadas y selladas.
  - Para enfundar una bata es necesario una funda y una bata confeccionada.
    - Para confeccionar una bata es necesario tener un par de mangas-puño y un cuerpo de bata con tiras.

Una caja tiene 50 batas y el objetivo es aumentar la producción a 1800. Esto significa que diariamente es necesario entregar 36 cajas. En la siguiente demostración se realiza el MRP para una producción de una semana laboral de cinco días donde se requiere una necesidad bruta diaria de 36 cajas.

Tabla 13.

*Necesidades brutas diarias de cajas terminadas de batas de cirujano.*

	Cajas terminadas							
	DÍAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades brutas (NB)				36	36	36	36	36

*Nota: Se considera que la semana inicia en el día 4 para mejor entendimiento de la herramienta.*

Los productos de nivel 1, que corresponde a las cajas y a las batas enfundadas tendrían la siguiente planificación:

Tabla 14.

*MRP Cajas*

Cantidad: 1	Nivel 1	Cajas							
		DÍAS							
		LT = 1	1	2	3	4	5	6	7
<b>NB</b>					36	36	36	36	36
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>NN</b>	0	0	0	36	36	36	36	36	36
<b>EOP</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>0</b>

*Nota: Las cajas tienen un lead time de un día ya que es necesario que bodega entregue a producción este material.*

Tabla 15.

*MRP Bata enfundada*

Cantidad: 50	Nivel 1	Bata enfundada							
		DÍAS							
		LT = 0	1	2	3	4	5	6	7
<b>NB</b>					1800	1800	1800	1800	1800
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>NN</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	1800
<b>EOP</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>

*Nota: Cada caja contiene 50 batas por lo que el NB = 50\*36. Además, el LT es cero ya que en el transcurso del día se producen 1800 batas.*

En lo que corresponde a los materiales de nivel 2, que serían las fundas y las batas confeccionadas que dependen de la cantidad de batas enfundadas del nivel 1, se tiene el siguiente MRP:

Tabla 16.

*MRP Fundas*

Cant: 1	Nivel 2	Fundas							
		DÍAS							
LT = 1	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>NB</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>SS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>NN</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	
<b>EOP</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>0</b>	

*Nota: Las fundas tienen un lead time de 1 día ya que deben ser pedidos a bodega.*

En el caso específico de las fundas, se debe pedir a bodega que entregue las fundas, pero separada en paquetes de 50 cada uno. Esto permitiría que el proceso del proceso de remate pueda realizar el estirado, doblado y enfundado de manera eficiente y contabilizando la cantidad de batas por medio del paquete de fundas que se le entrega.

Tabla 17.

*MRP Bata confeccionada*

Cant: 1	Nivel 2	Bata confeccionada							
		DÍAS							
LT = 0	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>NB</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>SS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>NN</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800	
<b>EOP</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	

*Nota: La confección de la bata tiene un lead time de cero ya que en el transcurso del día se producen las 1800 batas.*

Por último, los materiales de nivel 3 corresponden a los sub-ensambles mencionados en la etapa de Distribución. En el caso específico de estos materiales la capacidad de producción era muy baja por lo que la solución para este problema es el de proveer de mayor cantidad de tiempo disponible para poder cumplir con la demanda solicitada. En este caso el tiempo de ciclo de estos dos procesos llega ser de casi 21 segundos cada uno. Esto significa que en un turno normal de 8 horas (28800 segundos) se puede producir máximo 1370 pares de mangas-puños y 1370 unidades de cuerpos con tiras. Esta cantidad se da de la división del tiempo disponible para el tiempo de ciclo del proceso.

El proceso anterior al de confección es el de corte. El mismo realiza el corte de los cuerpos de la bata, las mangas y los puños. En cada corte de cada una de estas partes se realiza las siguientes cantidades:

- Corte entrega 4 bloques de 400 unidades de cuerpos de bata (1600 cuerpos de bata).
- Corte entrega 13 bloques de 400 unidades de mangas (5400 unidades de mangas).
- Corte entrega 24 bloques de 200 unidades de puños (4800 unidades de puños).

El cambio para este proyecto es que el corte realice un aumento en el número de tendidas de la tela para obtener mayor cantidad de cortes por bloque. Es decir, que ahora lo que se necesitaría que el corte realice bloques de 450 unidades de cuerpos de bata, 450 unidades de mangas y 225 unidades de puños. De esta manera los procesos de sub-ensambles deberán planificarse para realizar:

- Puños-mangas: Para una producción de 9000 batas se deberá procesar 40 bloques de mangas y 80 bloques de puños.
- Pegado de tiras: Para una producción de 9000 batas se deberá procesar 20 bloques de cuerpos de bata.

Para cumplir con estos puntos es necesario aumentar el tiempo de producción y definir la cantidad planificada para este módulo de 1350 unidades diarias. Es decir que la planificación quedaría de la siguiente manera:

Tabla 18.

*MRP Sub-ensamble mangas-puños*

Cant: 1 par  LT = 1,3	Sub-ensamble mangas-puños							
	DÍAS							
Nivel 3	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>NB</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>NN</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800
<b>EOP</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>900</b>

*Nota: Ya que cada bata se compone de dos mangas, la NB representa 1800 pares de mangas-puños. El EOP demuestra la cantidad de unidades a procesar diario. Esto significa que diariamente se deberán procesar 6 bloques de mangas y 12 bloques de puños. El último día se deberá procesar 4 bloques de mangas y 8 bloques de puños.*

Tabla 19.

*MRP Sub-ensamble Pegado de tiras*

Cant: 1  LT = 1,3	Sub-ensamble tiras cuerpo							
	DÍAS							
Nivel 3	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>NB</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>NN</b>	0	0	0	1800	1800	1800	1800	1800
<b>EOP</b>	<b>0</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>1350</b>	<b>900</b>

*Nota: Cada bloque de cuerpos de bata deberá tener 450 unidades. Esto significa que diariamente deberá procesarse tres bloques y el último día se necesitará procesar dos bloques.*

El *lead time* (LD) es de 1,3 ya que este proceso necesita de un 30% más de tiempo para producir esa cantidad.

Como se puede observar el cambio también afecta al corte y en su planificación. Además, esta planificación también ayuda a mejorar la comunicación con el encargado de la producción ya que sabrá la producción real que realizan estos sub-

ensambles. Esto se debe a que se entregaría una cantidad de bloques fijos diarios, lo que evitaría sobre producción o acumulación de producto innecesario.

La siguiente tabla resume lo expuesto en esta sección:

Tabla 20.

*Planificación de órdenes de producción*

		Día a planificar producción/entrega (EOP)							
Nivel	Material	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Cajas				36	36	36	36	36
1	Bata enfundada				1800	1800	1800	1800	1800
2	Fundas			1800	1800	1800	1800	1800	
2	Bata confeccionada				1800	1800	1800	1800	1800
3	Sub-ensamble puños-mangas		1350	1350	1350	1350	1350	1350	900
3	Sub-ensamble pegado de tiras		1350	1350	1350	1350	1350	1350	900

#### 4.3.5.1. Planificación del sellado

Es importante que dentro de esta sección se hable sobre el proceso del sellado que es un área que procesa el producto de toda la planta. En el estudio se identificó por medio del simulador FlexSim que el sellado ocupa un 28% de su tiempo en sellar el producto de las batas de cirujano. Este producto solamente corresponde al de un solo módulo.

Considerando que existen 7 módulos, que todos ellos producen productos diferentes, y que aparte hay dos personas en el área de sellado para realizar dicho proceso; el tiempo acumulado de sellado para toda la producción de cada módulo debe ser de máximo 2 horas con 17 min. En otras palabras, este tiempo de dos horas con diecisiete minutos es el tiempo disponible que tiene cada módulo para hacer uso del proceso de

sellado. Este tiempo es el resultado de la división del tiempo disponible de ocho horas para siete módulos y eso multiplicado por 2 personas.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo disponible en sellado} &= \frac{8 \text{ horas}}{7 \text{ módulos}} * 2 \text{ operadoras} \\ \text{Tiempo disponible en sellado} &= 2.28 \text{ horas por módulo} \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Ahora bien, si el tiempo total del proceso de sellado de la bata de cirujano es de 5.54 segundos, eso significa que para que el sellado pueda sellar la cantidad de 1800 batas necesitaría de 2 horas con 46 minutos. Esto representa 30 minutos más del tiempo disponible por módulo.

Ya que una de las observaciones en el sellado era que quedaba mucho producto por procesar en las líneas de producción al final del día, en el caso de que el turno de trabajo fuera de 8 horas, las posibles soluciones a tomar en cuenta pueden ser:

- El sellado sea el único aprobado en realizar una hora extra para sellar el producto de aquel día.
- Se deberá priorizar los productos de mayor importancia en el día y planificar adecuadamente las cantidades a producir por módulo para acortar su tiempo en el sellado y dar más tiempo a dichos productos.
- Se puede incluir una persona más en el área de sellado para aumentar el tiempo disponible por módulo y así evitar la acumulación de material. Esto representaría un costo extra en personal y maquinaria.

#### **4.3.6 Mejoras de cultura (5 S`s y calidad)**

Es importante que una vez realizado estas mejoras se pueda implementar un sistema de calidad adecuado con documentación pertinente al proceso. Es por ello, que una vez implementado el proyecto se deberá controlar la línea de producción por un tiempo definido. En este tiempo hay que realizar las siguientes actividades:

- Capacitar al personal en los cambios propuestos y nueva metodología de trabajo. Proceso inicial.

- Realizar levantamiento de actividades nuevas que surjan en los procesos, aceptar y mejorar inmediatamente actividades que demoren el desenvolvimiento adecuado del proceso.
- Una vez realizado el levantamiento, se deberá tomar mediciones diarias por dos semanas, como mínimo, de tiempos de proceso y almacenarlos en una hoja de Excel para evaluar los cambios que sufre cada proceso en el tiempo. Una vez transcurrido el tiempo de dos semanas, se deberán tomar tiempos periódicos, ya sea una vez por semana o una vez cada quince días, de los tiempos de los procesos para almacenarlos en las hojas de Excel.
- Evaluar los datos semanalmente por medio de gráficos de control que permitan ver las variaciones del tiempo de proceso en el transcurso de las semanas tiempo.
- Una vez se identifique el proceso está estable y optimizado, se deberá realizar las hojas de trabajo estandarizado y desplegarlas en cada puesto de trabajo.
- Capacitar al personal en trabajo estandarizado. Proceso final.

Estas son buenas prácticas que permiten al encargado de calidad controlar los procesos para evitar que los mismos sufran de variaciones inesperadas y que se vuelven difíciles de analizar las causas. Además de ello, es importante la capacitación del personal en el nuevo proceso, tiempos y trabajo estandarizado al cual se deben acostumbrar a trabajar. En analista o encargado del proyecto, junto con las líderes de cada grupo deberán revisar que el trabajo se lo esté realizando tal y como está detallado en las hojas de trabajo estandarizado.

La comunicación entre los procesos y el encargado de calidad debe ser exhaustiva para controlar los defectos de calidad que pudieran existir. Aquí, el encargado de calidad deberá realizar seguimiento de todos los procesos para localizar posibles defectos que puedan producirse y actuar en encontrar las causas raíces que ocasionaron dichos errores.

Una recomendación es la de la implementación de una cultura manejada por la herramienta de 5 S's que consiste en mantener el orden y la limpieza regulando los siguientes puntos:



- Clasificar
- Ordenar
- Limpiar
- Estandarizar
- Mantener y mejorar

Para ello se propone realizar una auditoría inicial de la planta y trabajar en los puntos que en los que se tenga bajo puntaje. A partir de ello se deberá realizar una capacitación en 5 S's que enseñe a los empleados la importancia de esta herramienta y trabajar en cada uno de los puntos por tiempos definidos. Una vez implementado cada punto se debe realizar auditorías periódicas y reforzar de ser necesario con capacitaciones e incentivos.

En la sección de anexos se encuentra el formato de auditoría que puede ser usado para este propósito.

### 4.4 VSM Propuesto

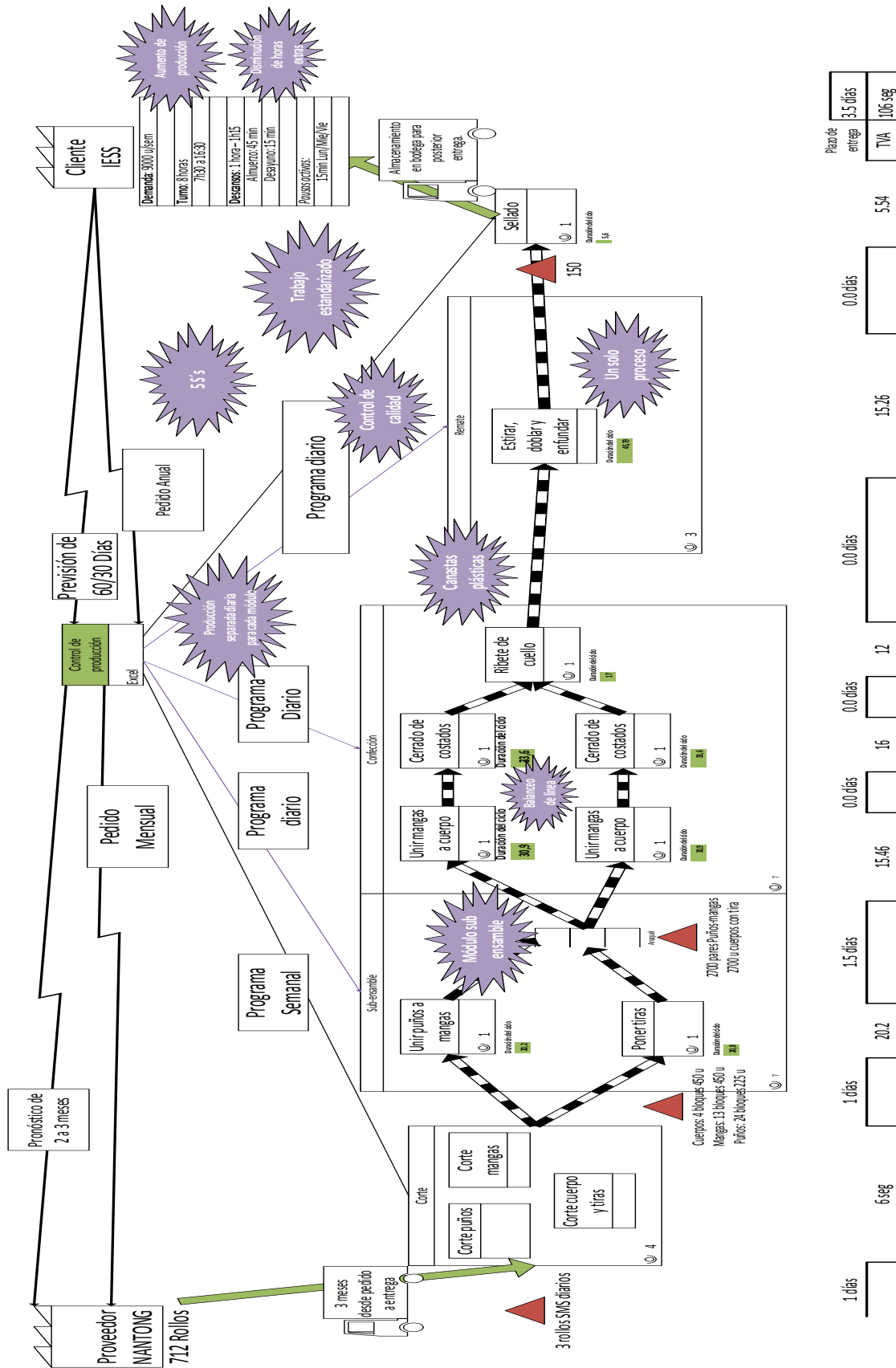


Figura 40. VSM Propuesto con mejoras.

## 4.5 Trabajo estandarizado

El trabajo estandarizado es una herramienta de gran utilidad y una base sólida para la implementación de herramientas de tipo *Lean*. Además, ésta representa una mejora de gran importancia una vez estandarizados los procesos. Es por ello por lo que el presente trabajo expresa la manera adecuada de cómo desarrollar e implementar la herramienta.

1. Como primer paso, es importante que se realice un planteamiento de objetivos a alcanzar, seguido del estudio del trabajo; identificando procesos, maquinaria, personal, tiempos, demandas, y toda la información relevante para el estudio; tal y como se explica en el capítulo de situación actual.
2. Una vez obtenida toda la información hay que buscar mejorar y optimizar los procesos para obtener los resultados deseados. Estas mejoras deben ser organizados dentro de un plan de mejora.
3. A continuación, implementar las mejoras y estudiar el nuevo proceso. En esta etapa es importante fijarse en todo lo que no se pudo observar en el proceso de mejora y planificación. Si el proceso llegara a necesitar de ajustes, los mismos se deberán realizar para asegurar el cumplimiento de objetivos planteados.
4. Como etapa final, y después de haber implementado las mejoras, se deberá realizar las hojas de trabajo estandarizado que establecerán el proceso correcto a seguir en cada estación de trabajo.
5. A partir de este momento, el proceso estará estandarizado y siempre que sea posible, hay que mejorarlo para evitar todo inconveniente y proceso que no agregue valor al producto y que además disminuya la productividad de la línea.

En esta sección se habla sobre la definición del trabajo cíclico y no cíclico. Además, en el capítulo de Marco Teórico se encuentra una explicación más detallada de cada hoja de trabajo que se utiliza en cada uno de ellos.

### 4.5.1 Trabajo cíclico

Se considera trabajo cíclico a toda actividad en secuencia que se repite en cada ciclo de proceso y que el saltarse dicha actividad no permitiría realizar el trabajo correctamente.

Ejemplos de trabajo cíclico:

- Proceso para unir puños-mangas.
- Proceso de ribete de cuello.
- Proceso de estirado, doblado y enfundado.
- Proceso de sellado de caja.

Los formatos que se utilizan en este trabajo son:

- Hojas de trabajo estandarizado HTE
- Hoja de elemento de trabajo HET

#### **4.5.2 Trabajo no cíclico**

Se considera trabajo no cíclico a las actividades que no son parte directa del ciclo de proceso pero que si son necesarias realizarlas periódicamente para continuar con un correcto flujo del trabajo.

Ejemplos de trabajo no cíclico:

- Cambio de carrete en máquina recta.
- Poner rollo para ribete de cuello.
- Rematadora va a recoger las batas del proceso final de confección.
- Dirigirse a tomar materia prima.

Los formatos que se utilizan en este trabajo son:

- Hoja de actividad estándar HAE
- Hoja de instrucción de actividad HIA

## 4.6 Plan de mejora

A continuación, se presenta el plan de mejora con tiempos propuestos por actividad:

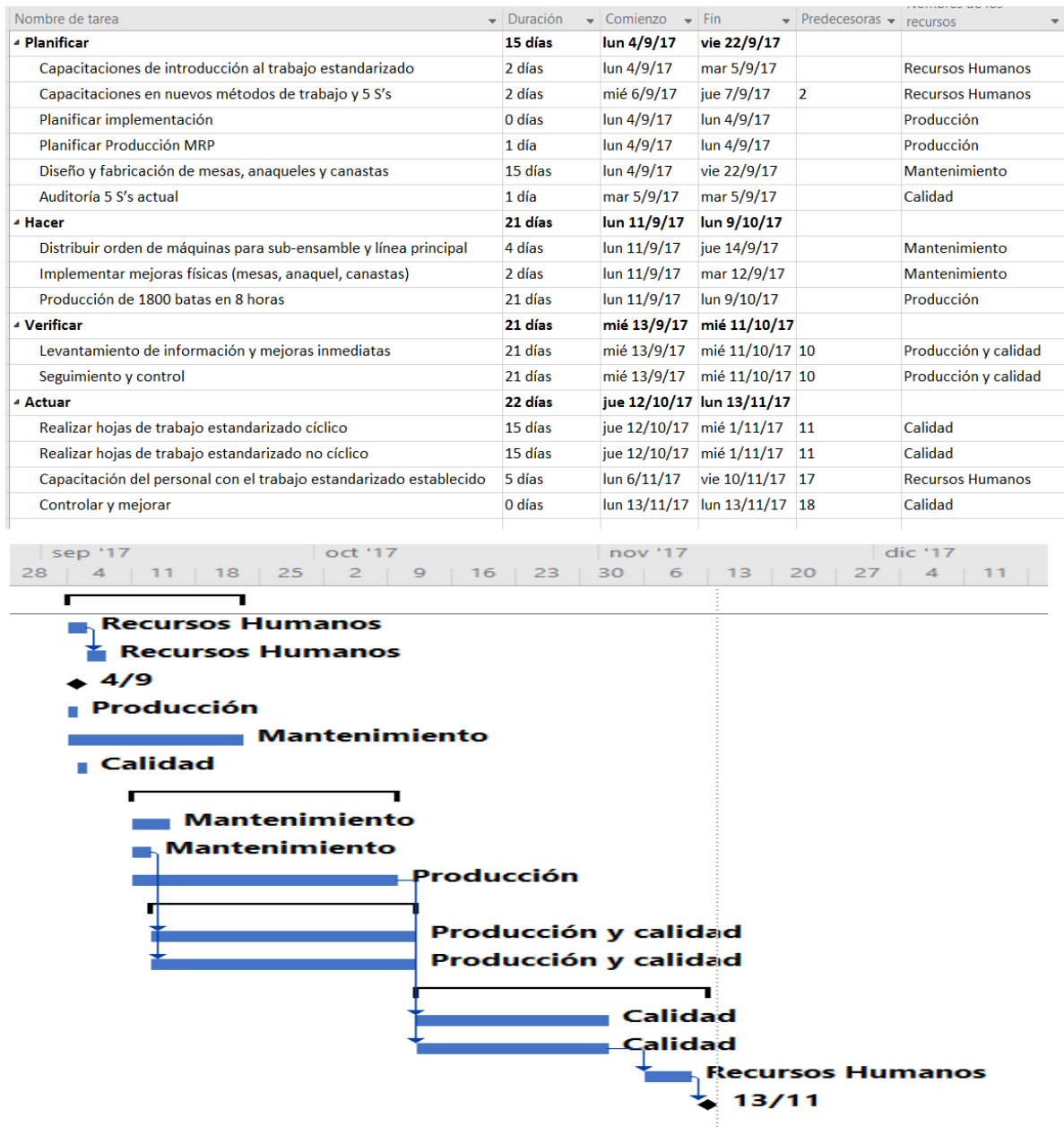


Figura 41. Diagrama de Gantt de Plan de mejora.

Tomado de: (Microsoft Project, 2016).

El presente plan tiene como inicio la primera semana de septiembre de 2017 y tiene una duración total de casi tres meses en su implementación. Las duraciones de cada tarea pueden variar dependiendo de la disposición y preparación de cada departamento responsable ante el proyecto.

## 5. Capítulo V. Análisis de Resultados

### 5.1 Análisis de resultados

En este capítulo se hablará sobre el beneficio que se obtendrá de implementar las mejoras tratadas en el capítulo anterior. Se analizará los cambios en la productividad y el aprovechamiento del tiempo que se obtendrá del resultado de un buen manejo de proyecto. Además, representa el resultado de la mejora por medio de la simulación futura realizada en el *software* FlexSim.

Es importante saber que las mejoras representarían optimizaciones importantes y que servirán de ejemplo para ser analizadas e implementadas para el resto de familias de productos de la empresa.

En cada sección de este capítulo se analizará el aumento de la productividad en referencia a diferentes parámetros que permitan visualizar de mejor manera el beneficio.

### 5.2 Beneficio en tiempo

El tiempo es un recurso que debe ser aprovechado al máximo y los desperdicios del mismo provocan bajas en la productividad. En el estudio de situación actual se encontró que los tiempos estándar de los procesos estaban desbalanceados y esto provocaba acumulación de material en el suelo y tiempos muertos a lo largo del día. Además, los procesos sufrían de fluctuaciones de en la entrega de material de un proceso a otro a diferentes horas del día. En esta sección se analizarán las mejoras en el tiempo de acuerdo con los siguientes casos.

#### 5.2.1 Tiempo de valor agregado

Se toman tres aspectos importantes que ayudan a optimizar los tiempos de proceso.

El primero es el uso de máquina de tipo JACK en el proceso de Ribete de cuello. Esta mejora disminuye el tiempo del proceso de 17 segundos a 12 segundos. Esta mejora representa un 30% más eficiencia en el proceso.

El segundo aspecto es el de implementar orden y clasificación dentro de la línea de confección con las mesas entre procesos y canastas para facilitar el proceso movimiento de las batas. Esta mejora propone una mejora de entre 5% y 10% del tiempo total de los procesos principales de la línea que son: Mangas-Cuerpo, Mangas-Hombro y Ribete de cuello.

Y el tercer aspecto es la mejora el proceso de remate que, al integrar las actividades en un solo proceso, se obtiene una optimización en el tiempo de 8%.

La siguiente tabla expresa las mejoras:

Tabla 21.

*Comparación de tiempo actual vs tiempo propuesta.*

Área	Actividad	Tiempo actual	Tiempo Propuesta	Mejora	% de mejora
Confección	Puños - Mangas	20,47	20,47		
	Pegado de tiras	20,79	20,79		
	Mangas - Cuerpo	15,46	14,38	Mesas facilitan orden	7%
	Confección de mangas a hombro	16,82	15,65	Mesas facilitan orden	7%
	Ribete de cuello	17,02	11,70*	Maquina JACK Y Mesas facilitan orden	31%
Remate	Estirado, doblado y enfundado	16,56	15,26	Integración a un solo proceso	8%
Sellado	Sellado y empaquetado	5,54	5,54		
<b>TOTAL</b>		112,66	103,80		

*Nota: Los tiempos de propuesta de los procesos mejorados de confección son el resultado de optimizar el tiempo actual en un 7% ya que se espera una mejora de entre el 5% y 10%. (\*) Este proceso tiene una mayor optimización a causa del cambio a máquina JACK.*

La siguiente figura representa gráficamente la optimización de los tiempos:

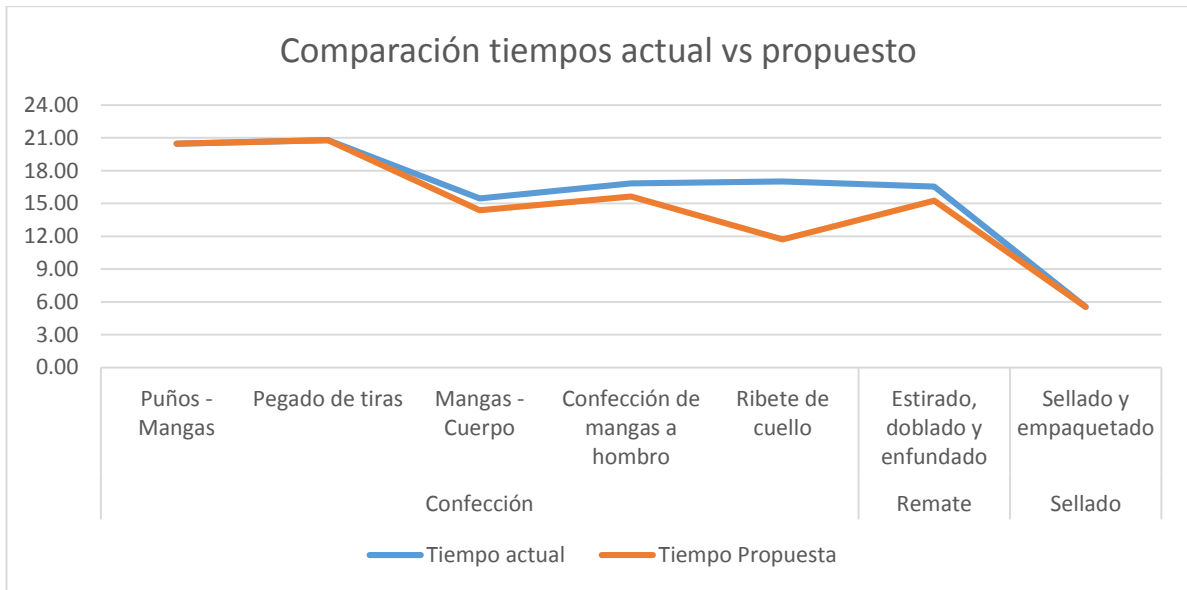


Figura 42. Comparación de tiempos actual vs propuesto.

Sabiendo que la ecuación de productividad es el resultado de dividir el *output* del *input*, o sea, dividir lo que sale de lo que entra, entonces:

$$Productividad = \frac{Una\ bata}{Tiempo\ empleado\ en\ la\ bata} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Productividad actual en tiempo total de valor agregado

$$\sum Tiempo\ actual = 112,67\ seg \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$Productividad\ actual = \frac{1\ bata}{112,67\ seg}$$

$$Productividad\ actual = 0.0088\ batas/seg$$

Productividad propuesta en tiempo total de valor agregado

$$\sum Tiempo\ propuesta = 103,80\ seg \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$Productividad\ propuesta = \frac{1\ bata}{103,80\ seg}$$

$$Productividad\ propuesta = 0.0096\ bata/seg$$

Queda demostrado que el aumento en productividad de tiempo agregado en la bata es de un 9% ya que aumenta de 0.0088 bata/seg a 0.0096 bata/seg.



Tabla 22.

*Aumento en productividad en tiempo de valor agregado*

Productividad (bata/seg)	
Situación actual	Situación Propuesta
<b>0.0088</b>	<b>0.0096</b>
<b>Aumento en productividad</b>	
<b>9%</b>	

### 5.2.2 Tiempo de turno vs producción

Ahora bien, la planificación y distribución del área de confección representa una mejora fuerte en el tiempo en completar la producción diaria. Actualmente la producción es de 1600 batas en nueve horas de trabajo. Esto significa que se hace uso de una hora más de la jornada normal para cumplir con dicha producción. Si se realiza una regla de tres simple para conocer cuántas batas se hacen en 8 horas de trabajo se obtiene lo siguiente:

Tabla 23.

*Tiempo vs Producción actual.*

Tiempo empleado	Producción actual
9 horas	1600 batas
8 horas	1422 batas

Con la implementación de las mejoras se busca cumplir con una producción de 1800 batas en 8 horas normales de trabajo. Esto significa que la producción actual de 1600 batas se las podría cumplir en 7 horas.

Tabla 24.

*Producción propuesta vs tiempo.*

Producción propuesta	Tiempo empleado
1800 batas	8h00
1600 batas	7h06

Realizando el análisis de productividad se obtiene:

$$Productividad = \frac{Producción\ diaria}{Tiempo\ empleado\ en\ horas} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Productividad para una producción de 1600 batas actualmente.

$$Productividad\ actual = \frac{1600\ batas}{9\ horas} \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$Productividad\ actual = 177,77\ batas/hora$$

Productividad para una producción de 1600 batas propuesta.

$$Productividad\ propuesta = \frac{1600\ batas}{7.11\ horas} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$Productividad\ propuesta = 225,03\ batas/hora$$

Esto significa que la productividad en un turno normal de trabajo aumentaría en un 27% ya que se producirían más batas por hora que en la situación actual.

Tabla 25.

*Aumento de productividad en tiempo por turno*

Productividad (bata/hora)	
Situación actual	Situación Propuesta
<b>177,77</b>	<b>225,03</b>
<b>Aumento en productividad</b>	
<b>27%</b>	

### 5.3 Beneficio en capacidad de la línea

Se define como capacidad a la cantidad de unidades que puede producir la línea basado en el tiempo de ciclo del proceso más lento. Es decir que el cuello de botella determina el ritmo de producción, o cuantas batas por día se obtienen. En la situación actual, se determinó que existen dos cuellos de botella que son los Puños-mangas y el Pegado de tiras. Además, se encontró que el proceso de Pegado de tiras se encontraba entre el proceso de Mangas-hombro y Ribete de cuello. Esto representa un desbalanceo de la línea que se puede visualizar en la siguiente figura.

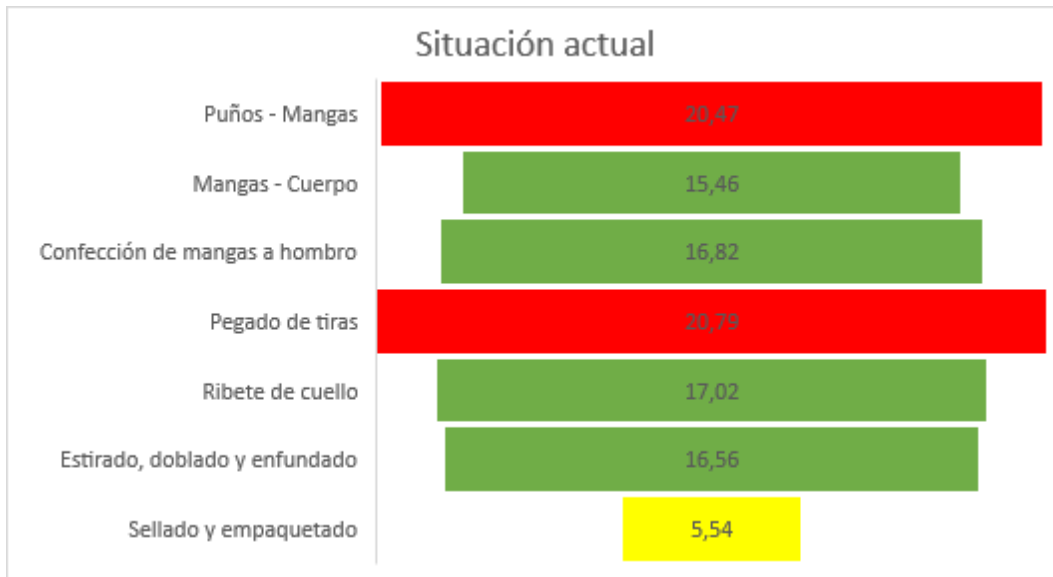


Figura 43. Representación de tiempo de la situación actual.

Como se puede observar en la figura, los procesos en color verde muestran un balance o tiempos similares de ciclo. Esto significa que la bata pasa de un proceso a otro sin tener que acumularse o esperar. En los procesos en rojo se observa los cuellos de botella; los procesos que demoran y disminuyen la capacidad del proceso. Para determinar la capacidad del proceso actual se la tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Tiempo estandar del proceso más lento}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$\text{Capacidad actual} = \frac{8 \text{ horas del turno}}{20.79 \text{ seg}} \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$\text{Capacidad actual} = 1385 \text{ batas por día}$$

La capacidad del proceso actual solo permite que se puedan realizar 1385 batas diarias en un turno normal de 8 horas.

Para la propuesta de mejora, los procesos cuello de botella, que son los de color rojo en la figura de la representación del tiempo actual, se propone que tengan más tiempo disponible. Eso significa que en vez de trabajar solamente 5 días para cumplir con una demanda de 9000 batas en turnos de 8 horas; trabajen 7 días en turnos de 8 horas.

Para entendimiento y poder realizar una comparación de la capacidad actual versus la capacidad propuesta, es necesario representar o nivelar los tiempos a un estándar de producción de 5 días. La siguiente tabla muestra un factor de nivelación multiplicado por el tiempo de los procesos Puños-mangas y Pegado de tiras que arroja una disminución y representa la mejora en términos de producción actuales.

Tabla 26.

*Tiempos estándar nivelados a una producción de 5 días.*

Área	Actividad	Tiempo Propuesta (seg)	Días disponibles para cumplir 9000 unidades	Tiempo disponible (seg)	Factor de nivelación	Tiempo representado en 5 días de trabajo (seg)
Sub-ensamble	Puños - Mangas	20,47	7	201600	0,71	14,62
	Pegado de tiras	20,79	7	201600	0,71	14,85
Confección	Mangas - Cuerpo	14,38	5	144000	1,00	14,38
	Confección de mangas a hombro	15,65	5	144000	1,00	15,65
	Ribete de cuello	11,70	5	144000	1,00	11,70
Remate	Estirado, doblado y enfundado	15,26	5	144000	1,00	15,26
Sellado	Sellado y empaquetado	5,54	5	144000	1,00	5,54

*Nota: Los tiempos mostrados en la columna final no son tiempos de ciclo, sino que representan la mejora de proveer de mayor tiempo disponible a estos procesos y representar la mejora en números.*

Teniendo esto en cuenta, la figura de representación gráfica de los procesos sería la siguiente:



Figura 44. Representación de tiempo de la situación propuesta.

En este caso, el tiempo del proceso más lento viene a ser el de Mangas-Hombro con 15.65 segundos por ciclo. Es así que el cálculo de capacidad propuesta es la siguiente:

$$Capacidad = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Tiempo\ estandar\ del\ proceso\ más\ lento} \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$Capacidad\ actual = \frac{8\ horas\ del\ turno}{15.65\ seg}$$

$$Capacidad\ actual = 1840\ batas\ por\ día$$

Realizando el análisis de productividad se obtiene:

$$Productividad = \frac{Capacidad\ diaria}{Tiempo\ empleado\ en\ horas} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Productividad para una capacidad actual de 1385 batas.

$$Productividad\ actual = \frac{1385\ batas}{8\ horas} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$Productividad\ actual = 173,16\ batas/hora$$

Productividad para una capacidad de 1840 batas propuesta.

$$Productividad\ propuesta = \frac{1840\ batas}{8\ horas} \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$Productividad\ propuesta = 230\ batas/hora$$

La productividad en capacidad de la línea aumentaría en un 33% ya que los tiempos de los cuellos de botella disminuirían y esto aumentaría la capacidad.

Tabla 27.

*Aumento de productividad en Capacidad de la línea.*

Productividad (bata/hora)	
Situación actual	Situación Propuesta
<b>173,125</b>	<b>230</b>
Aumento en productividad	
<b>33%</b>	

#### 5.4 Beneficio económico

En esta sección se realizará un análisis de aumento de productividad en el ámbito económico. Para evitar mostrar información real de costos y precio de venta de las batas, se hará uso de un factor que cambiará estos valores. Los resultados simplemente estarán escalados pero el análisis de productividad no variará en tema de porcentajes.

Para este estudio se analizarán dos aspectos importantes. Uno de ellos es la ganancia bruta mensual para una producción de cuatro semanas en la situación actual y en la situación propuesta. El segundo aspecto es el gasto en horas extras y sueldos de la situación actual y la situación propuesta.

Primero se da paso al análisis de ganancias mensuales. En este caso se tomará como ejemplo que se requiere una producción de 9000 batas semanales por 4 semanas consecutivas. Si se sabe que el costo escalado de cada bata es de \$0.82 y que la venta al público escalado es de \$2.19; significa que existe una ganancia de \$1.38 por cada bata vendida. Pues bien, esta ganancia se puede representar en la situación actual y en la situación propuesta. La siguiente tabla representa este aumento en la ganancia.

Tabla 28.

*Comparación de ganancia neta mensual.*

Situación	Cantidad diaria	Horas trabajadas diarias	Ganancia neta	Ganancia diaria	Ganancia mensual
Actual	1600	9 horas	\$1,38	\$2.203,20	\$44.064,00
Propuesta	1800	8 horas	\$1,38	\$2.478,60	\$49.572,00

*Nota: Los cálculos de ganancia mensual son la ganancia diaria multiplicada por 20 días de producción que representa 4 semanas laborables.*

La tabla demuestra una diferencia muy baja en ganancia mensual entre las dos situaciones. Lo que se considera a continuación son los gastos extras. Hasta la fecha de realización del presente proyecto, el sueldo básico unificado llega a \$375.

Cuando la empresa lo necesita puede autorizar tiempo adicional de trabajo y remunerar este tiempo de acuerdo con su tipo. Existen dos tipos de tiempo extra remunerado:

1. Horas suplementarias: Estas son horas realizadas después de la jornada laboral de trabajo y tienen un recargo del 50% adicional de una hora normal de trabajo (Admin, 2017).
2. Horas Extras: Estas se considera cuando el empleado tiene que trabajar sábados, domingos o feriados y tienen un recargo del 100% sobre el valor de una hora normal de trabajo. (Admin, 2017).

Actualmente, una hora normal de trabajo tiene un valor de \$1.56. Eso significa lo siguiente:

- Valor de una hora suplementaria: \$2.34
- Valor de una hora extra: \$3.12

Ahora bien, a continuación, se muestra los valores de gastos en horas extras en los meses de noviembre de 2016, diciembre de 2016, enero de 2017 y febrero de 2017:

Tabla 29.

*Gastos en horas extras correspondiente a 4 meses.*

Mes	Horas suplementarias	Horas extras	TOTAL
nov-16	\$3.838,63	\$519,68	\$4.358,31
dic-16	\$3.439,21	\$3.591,09	\$7.030,30
ene-17	\$3.315,36	\$1.459,17	\$4.774,53
feb-17	\$3.565,32	\$738,94	\$4.304,26

*Nota: Datos reales sin escalar.*

Cómo se puede observar, los gastos en horas suplementarias y extras son altos y no bajan de los \$4.300; incluso llegan a \$7.000 en el mes de diciembre. Este fue un pequeño análisis de lo que puede llegar a optimizarse si se replicaría el proyecto en todos los productos para aumentar la productividad de la planta; disminuyendo los gastos extras.

Volviendo al cálculo de gastos en horas suplementarias y extras en el módulo de batas de cirujano, se procede a realizar un análisis de lo que se gasta actualmente y lo que se optimizaría al realizar la propuesta.

Tabla 30.

*Gasto en horas extras actual vs propuesta.*

Situación	Cant. diaria	Horas trabajadas diarias	Horas suplementarias mensuales	Operadoras	Gasto extra
Actual	1600	9	20	11	\$514,80
Propuesta	1800	8	0	11	\$-

*Nota: Se consideran 20 días de producción. Gasto extra = Valor de hora suplementaria \* 20 horas \* 11 operadoras.*

Una vez que se tiene estos datos se realiza el cálculo de aumento de la productividad. La ganancia representa la diferencia entre el precio de venta y el costo; este costo abarca ya los sueldos de los empleados, pero no considera el gasto extra. Es por ello que a la ganancia hay que restarle el gasto extra mensual.

$$Productividad\ mensual = \frac{Ganancia - gasto\ extra}{1\ Mes} \quad (Ecuación\ 22)$$



Productividad para una producción actual de 1600 batas en 9 horas.

$$Productividad\ actual = \frac{\$44.064,00 - \$514,80}{1\ mes} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$Productividad\ actual = 43.549,20\ \$/mes$$

Productividad para una producción propuesta de 1800 batas en 8 horas.

$$Productividad\ propuesta = \frac{\$49.572,00 - \$0}{1\ mes} \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$Productividad\ propuesta = \$49.572,00\ \$/mes$$

Esto significa que, al mes, con el modelo propuesto, se ganaría 14% más. Si en el modelo actual la ganancia mensual es de \$43.549,20 y en el modelo propuesto se espera una ganancia de \$49.572,00, significa que mensualmente se tendría una utilidad extra por implementación del proyecto de \$6.022,80.

Tabla 31.

*Aumento de productividad en beneficio económico mensual.*

Productividad	
Situación actual	Situación Propuesta
<b>\$43.549,20</b>	<b>\$49.572,00</b>
Aumento en productividad	
<b>14%</b>	

*Nota: Los valores económicos son escalados y no representan la ganancia real pero el porcentaje si es aplicable, por ende, existe un 14% a 15% de ganancia mensual.*

## 5.5 Simulación propuesta

En esta sección se mostrará la implementación del proyecto representado en la herramienta de simulación FlexSim. Esta herramienta permite validar si el proyecto es factible y así se pueden tomar decisiones apropiadas. La siguiente figura muestra la representación en 3D del módulo desde confección, pasando por la mesa de remate y terminando por el sellado.

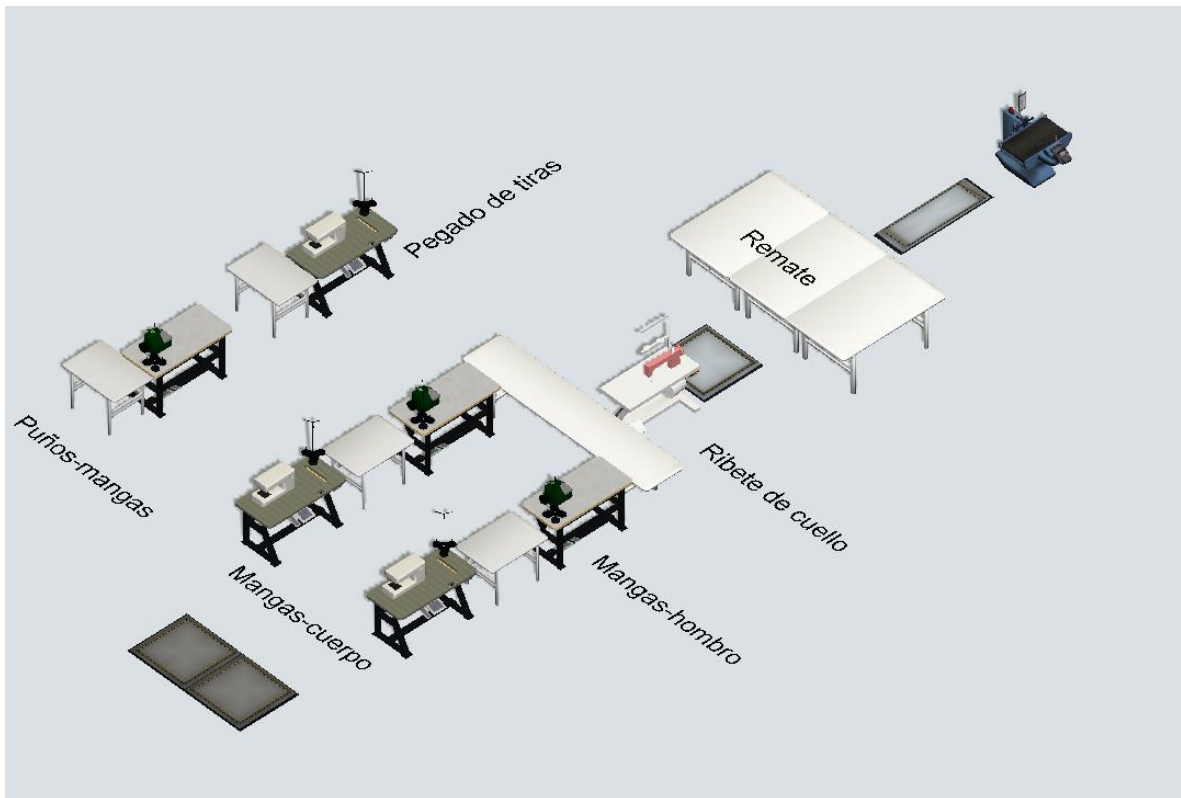


Figura 45. Representación 3D simulación situación propuesta.

Tomado de: (FlexSim, 2016).

Los tiempos con los que han sido programados los procesos son lo que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 32.

*Tiempos de programación de estaciones de trabajo en FlexSim.*

Área	Actividad	Tiempo Propuesta (seg)	Takt time (seg)
Sub-ensamble	Puños - Mangas	20,47	21,33
	Pegado de tiras	20,79	21,33
Confección	Mangas - Cuerpo	14,38	16,00
	Confección de mangas a hombro	15,65	16,00
	Ribete de cuello	11,70	16,00
Remate	Estirado, doblado y enfundado	15,26	16,00
Sellado	Sellado y empaquetado	5,54	5,54

*Nota: Takt time para una producción de 9000 batas en 5 días. Área de sub-ensamble dispone de más tiempo de producción por lo que el takt time es para una producción de 9000 unidades para 7*

días. El takt time de sellado está adaptado para dar prioridad a este producto en el sellado; por ello es el mismo.

Lo que se realizó en el simulador FlexSim fue programar el tiempo y producción para 5 días seguidos de producción. Para ello se programó las fuentes de materia prima para que entregaran producto al proceso de Mangas-Cuerpo suponiendo que hubo dos días de producción previos. Es así que el proceso de Mangas-Cuerpo tendría disponible una cantidad de 2700 unidades de cuerpos y 2700 pares de mangas-puños ya que en cada uno de los dos días previos se producen 1350 unidades en cada uno de los dos procesos.

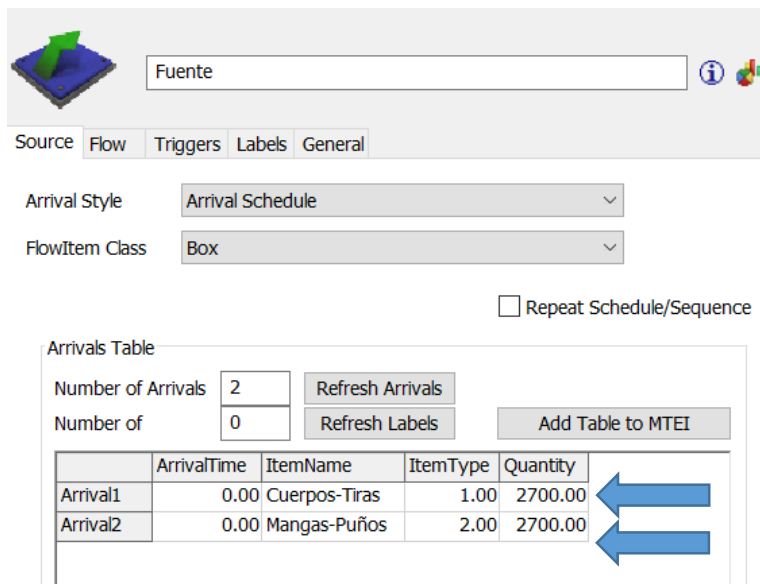


Figura 46. Entrega de materia prima en el tiempo cero Simulación propuesta.

Tomado de: (FlexSim, 2016)

El tiempo cero "ArrivalTime 0.00" representa la primera hora del día lunes, suponiendo que la producción del área "Confección" empieza ese día. A continuación, se programa las fuentes de los procesos Puños-Mangas y Pegado de tiras para que reciban al inicio de cada día (representado en segundos) la cantidad representada en el MRP del capítulo de Propuesta de mejora. La siguiente figura muestra esta entrega.

Source Flow Triggers Labels General

Arrival Style: Arrival Schedule

FlowItem Class: Box

Repeat Schedule/Sequence

Arrivals Table

Number of Arrivals: 5 Refresh Arrivals

Number of: 0 Refresh Labels Add Table to MTEI

	ArrivalTime	ItemName	ItemType	Quantity
Arrival1	0.00	Puños-Mang	2.00	1350.00
Arrival2	28800.00	Puños-Mang	2.00	1350.00
Arrival3	57600.00	Puños-Mang	2.00	1350.00
Arrival4	86400.00	Puños-Mang	2.00	1350.00
Arrival5	115200.00	Puños-Mang	2.00	900.00

Source Flow Triggers Labels General

Arrival Style: Arrival Schedule

FlowItem Class: Box

Repeat Schedule/Sequence

Arrivals Table

Number of Arrivals: 5 Refresh Arrivals

Number of: 0 Refresh Labels Add Table to MTEI

	ArrivalTime	ItemName	ItemType	Quantity
Arrival1	0.00	Cuerpos-Tira	1.00	1350.00
Arrival2	28800.00	Cuerpos-Tira	1.00	1350.00
Arrival3	57600.00	Cuerpos-Tira	1.00	1350.00
Arrival4	86400.00	Cuerpos-Tira	1.00	1350.00
Arrival5	115200.00	Cuerpos-Tira	1.00	900.00

Figura 47. Entrega de materia prima procesos sub-ensamble Simulación propuesta.  
Tomado de: (FlexSim, 2016)

Los "ArrivalTime" están representados en segundos y tienen una diferencia unos con otros de 8 horas, o 28800 segundos. Esto permite que cada 8 horas se deben procesar 1350 unidades, a excepción del último día que consiste en procesar solo 900 unidades para cumplir con las 9000 unidades en 7 días. Recordar que 2700 unidades ya fueron entregadas anteriormente; representando estos dos días previos de producción en los procesos de sub-ensamble.

Los resultados al final de los 5 días de producción arrojan los siguientes datos por analizar:

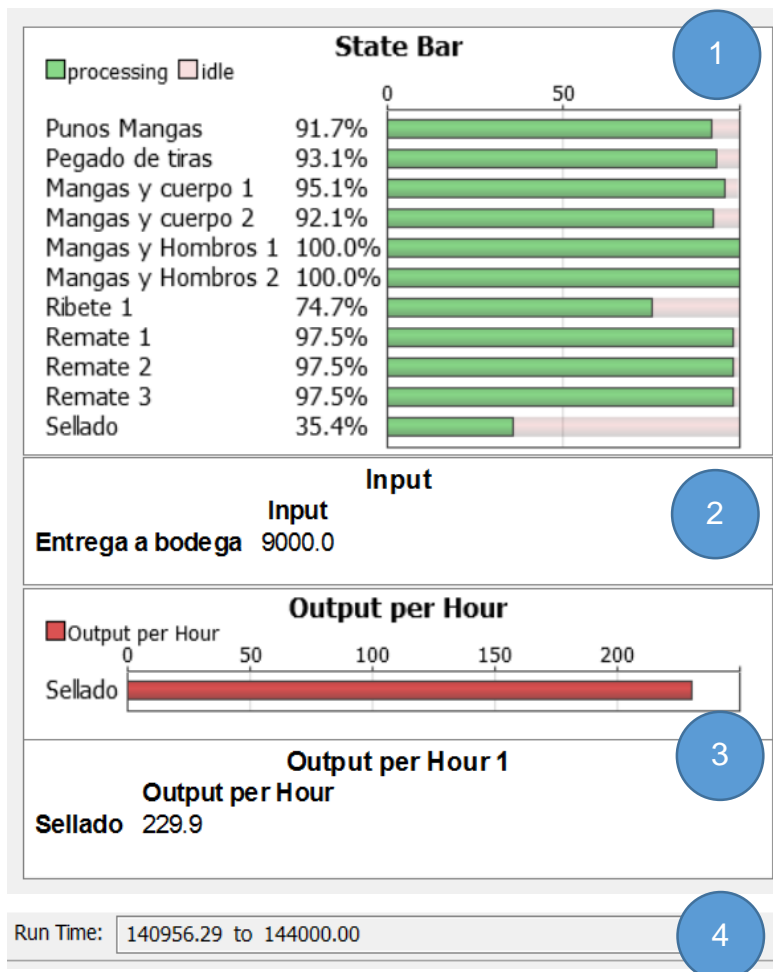


Figura 48. Datos de análisis de FlexSim de simulación propuesta.

Tomado de: (FlexSim, 2016)

1. *State Bar*: Es una representación del porcentaje de trabajo de este proceso comparado con el tiempo total. En otras palabras, muestra el porcentaje de eficiencia de cada proceso. Se puede observar que los procesos se encuentran más balanceados y que trabajan de manera equilibrada aprovechando el tiempo. Hay que tomar en cuenta que los tiempos de proceso son estándar así que se encuentran contemplados los suplementos por necesidades básicas y fatiga.
2. *Input*: Muestra la cantidad de producto que se entregado en un tiempo de 140956.29 segundos.
3. *Input/output per hour*: Muestra la cantidad de producto que se tiene por hora. Esto valida el indicador de productividad calculado en la sección de Beneficio en capacidad.

4. *Run Time*: Este es el tiempo total de producción representado en segundos. Los 144000 segundos son 5 días de producción en jornada normal de 8 horas. El tiempo de 140956.29 segundos representa el tiempo en completar las 9000 unidades.

Esta simulación demuestra que si es posible poder llegar a la producción de 1800 batas de cirujano con tan solo planificación, distribución y mejoras físicas y de cultura.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

El presente trabajo de titulación es un desarrollo de la herramienta de trabajo estandarizado. Esta herramienta consiste en realizar un análisis de la situación actual de la empresa y a partir de análisis y conocimientos adquiridos de la carrera Ingeniería en Producción Industrial, se busca mejorar y sacar el máximo potencial de una línea de producción.

En esta sección de conclusiones se expondrán puntos que resuman el estudio de manera rápida y sencilla. Se resumirá el proyecto de inicio a fin resaltando los aspectos más importantes.

El trabajo estandarizado es la base para la implementación de otras herramientas de manufactura esbelta. Esta herramienta permite conocer y controlar los procesos a partir de una evaluación, análisis y optimización para dar paso a documentar el trabajo con hojas de trabajo estandarizado cíclico y no cíclico.

Se puede concluir que la herramienta de trabajo estandarizado cumple con 5 etapas que son las siguientes:

**Etapas 0 - Preparación:** El evaluador deberá realizar un estudio de la situación del proceso y conocer todo sobre el proceso a evaluar. En esta etapa se plantean objetivos, alcances y tiempos de desarrollo para cada una de las etapas. Una vez que se tenga la información se realiza el análisis y se plantean mejoras y se las valida por medio de simulación.

**Etapas 1 - Planificación:** Una vez que se tiene claro que los objetivos son alcanzables en la etapa de preparación se da paso a la etapa de planificación que consiste en iniciar el plan de capacitaciones y de lanzamiento del proyecto. Se definen encargados y tiempos de lanzamiento.

Etapa 2 – Hacer: Esta etapa es la de implementación de las mejoras y va de la mano con la siguiente etapa.

Etapa 3 – Verificar: Consiste en realizar un seguimiento y control de los procesos y que ayuden a identificar toda información que sirva para cumplir con lo propuesto en las primeras dos etapas.

Etapa 4 – Actuar: Esta etapa es importante ya que busca mejorar todo lo que no esté trabajando como lo planificado. Esta etapa busca que los objetivos se aseguren por medio de documentación del proceso con hojas de trabajo estandarizado cíclico y no cíclico. A partir de este momento se busca mantener la mejora y cada vez que sea posible iniciar nuevamente desde la etapa 0 para optimizar mucho más los procesos.

En lo que tiene que ver con la situación actual del proceso se encontraron las siguientes oportunidades de mejora:

### **Confección**

El producto se acumula en el suelo.

La máquina recta JACK es más eficiente que la máquina recta de marca JUKI.

Los procesos Puños-Mangas y Pegado de tiras no requieren tener procesos predecesores, es decir que no es necesario que sean secuenciales. Estos dos procesos son cuellos de botella.

No hay control de calidad ni comunicación con jefe de producción.

### **Remate**

No se documenta correctamente los defectos de calidad y se retrabaja los defectos sin control.



Se realiza tres procesos por separado que son el estirado de varias batas, doblado y apilado y termia en el enfundado. Esto toma mayor tiempo que hacerlo todo en un solo proceso.

## Sellado

Al final de cada día no se logra terminar el sellado de todos los productos de todos los módulos. Esto se debe a que en el sellado existen dos operadoras y cada módulo solo puede disponer de 2 horas con 28 minutos para sellar su producto. El tiempo de sellado de la producción diaria de algunos productos supera este tiempo.

Entre las propuestas de mejora se propone lo siguiente:

Considerar la creación de módulos de confección de acuerdo a una familia de productos específica.

En confección se deberá distribuir de manera adecuada el módulo, extrayendo los procesos de Puños-Mangas y Pegado de tiras para que estos procesos entreguen producto al proceso de Mangas-Cuerpo y además tengan una producción diaria diferente al resto del módulo. Este módulo, que contiene estos dos procesos, se llamará Sub-ensamble.

Se planifica la producción de cada producto por medio de un MRP, que es una planificación de materiales requeridos. La planificación de cada proceso será la siguiente:

Tabla 33.

### *Planificación de órdenes de producción*

Nivel	Material	Día a planificar producción/entrega (EOP)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Cajas	-	-	-	36	36	36	36	36
1	Bata enfundada	-	-	-	1800	1800	1800	1800	1800
2	Fundas	-	-	1800	1800	1800	1800	1800	
2	Bata confeccionada	-	-	-	1800	1800	1800	1800	1800

3	Sub-ensamble puños-mangas	-	1350	1350	1350	1350	1350	1350	900
3	Sub-ensamble pegado de tiras	-	1350	1350	1350	1350	1350	1350	900

*Nota: Bata confeccionada comprende los procesos Mangas-cuerpo, Mangas-Hombro y ribete de cuello.*

Bodega deberá entregar a remate paquetes divididos de fundas en 50 unidades. Esto para facilitar el proceso de remate y que realice el estirado, doblado y enfundado en un solo proceso. Esto ayudará a contabilizar cuantas batas enfundadas introduce en cada caja.

Mejorar la comunicación entre cada área y controlar los defectos de calidad. Se propone definir un correcto seguimiento y control de calidad además de implementar la cultura de 5 S's que propone tener un lugar limpio, organizado, estandarizado, clasificado y con una cultura de mantenimiento y mejora continua.

El plan de implementación de las mejoras se propone que sea el siguiente:

Tabla 34.

*Plan de Implementación de mejora.*

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
<b>Planificar</b>	<b>15 días</b>	<b>lun 4/9/17</b>	<b>vie 22/9/17</b>		
Capacitaciones de introducción al trabajo estandarizado	2 días	lun 4/9/17	mar 5/9/17		Recursos Humanos
Capacitaciones en nuevos métodos de trabajo y 5 S's	2 días	mié 6/9/17	jue 7/9/17	2	Recursos Humanos
Planificar implementación	0 días	lun 4/9/17	lun 4/9/17		Producción
Planificar Producción MRP	1 día	lun 4/9/17	lun 4/9/17		Producción
Diseño y fabricación de mesas, anaqueles y canastas	15 días	lun 4/9/17	vie 22/9/17		Mantenimiento
Auditoría 5 S's actual	1 día	mar 5/9/17	mar 5/9/17		Calidad
<b>Hacer</b>	<b>21 días</b>	<b>lun 11/9/17</b>	<b>lun 9/10/17</b>		
Distribuir orden de máquinas para sub-ensamble y línea principal	4 días	lun 11/9/17	jue 14/9/17		Mantenimiento
Implementar mejoras físicas (mesas, anaquel, canastas)	2 días	lun 11/9/17	mar 12/9/17		Mantenimiento
Producción de 1800 batas en 8 horas	21 días	lun 11/9/17	lun 9/10/17		Producción
<b>Verificar</b>	<b>21 días</b>	<b>mié 13/9/17</b>	<b>mié 11/10/17</b>		
Levantamiento de información y mejoras inmediatas	21 días	mié 13/9/17	mié 11/10/17	10	Producción y calidad
Seguimiento y control	21 días	mié 13/9/17	mié 11/10/17	10	Producción y calidad
<b>Actuar</b>	<b>22 días</b>	<b>jue 12/10/17</b>	<b>lun 13/11/17</b>		
Realizar hojas de trabajo estandarizado cíclico	15 días	jue 12/10/17	mié 1/11/17	11	Calidad
Realizar hojas de trabajo estandarizado no cíclico	15 días	jue 12/10/17	mié 1/11/17	11	Calidad
Capacitación del personal con el trabajo estandarizado establecido	5 días	lun 6/11/17	vie 10/11/17	17	Recursos Humanos
Controlar y mejorar	0 días	lun 13/11/17	lun 13/11/17	18	Calidad

Tomado de: (Microsoft Project, 2016).

Como resultado se tiene los siguientes aumentos en productividad evaluados y validados por medio de la simulación FlexSim:

Tabla 35.

*Aumento en productividad en tiempo de valor agregado*

Productividad	
Situación actual (bata/seg)	Situación Propuesta (bata/seg)
<b>0.0088</b>	<b>0.0096</b>
Aumento en productividad	
<b>9%</b>	

Tabla 36.

*Aumento de productividad en tiempo por turno*

Productividad	
Situación actual (bata/hora)	Situación Propuesta (bata/hora)
<b>177,77</b>	<b>225,03</b>
Aumento en productividad	
<b>27%</b>	

Tabla 37.

*Aumento de productividad en Capacidad de la línea*

Productividad	
Situación actual (bata/hora)	Situación Propuesta (bata/hora)
<b>173,125</b>	<b>230</b>
Aumento en productividad	
<b>33%</b>	

Tabla 38.

*Aumento de productividad en beneficio económico mensual.*

Productividad	
Situación actual (\$/mes)	Situación Propuesta (\$/mes)
<b>\$43.549,20</b>	<b>\$49.572,00</b>
Aumento en productividad	
<b>14%</b>	

Como conclusión, el aumento de la productividad se lo puede realizar con ayuda de un correcto análisis e implementación de la herramienta de trabajo estandarizado.

## 6.2 Recomendaciones

En esta sección se darán recomendaciones que podrían ser útiles para la empresa. De igual forma se realizarán puntos de explicación rápida y sencilla de cada recomendación.

Se recomienda que las mejoras sean implementadas en su totalidad ya que esto aseguraría el éxito del proyecto. Una adecuada planificación e implementación del proyecto darán grandes resultados a la empresa.

Una vez que todos los procesos estén estandarizados se recomienda que se considere hacerlo con el resto de productos. Para facilitar el trabajo se propone que se realicen módulos de acuerdo a la familia de productos planteado en el capítulo de Propuesta de mejora.

En el estudio se encontró que se gasta en horas extras al mes no menos de \$4300. Este valor en horas extras es algo que para las operadoras se ha vuelto un beneficio ya que al final de mes ganan más gracias a ellas. Ya que en la empresa existe un producto que tiene mayor utilidad que son los Equipos; se propone que se planifique y se haga uso del tiempo en producción optimizado en el producto de batas de paciente para dedicarlo al ensamble de Equipos.

Se recomienda también que se implemente otras herramientas de Manufactura esbelta, así como invertir en talento humano administrativo que maneje esta metodología. Además de ello, capacitar al personal para adoptar esta metodología y ser una empresa competitiva en el mercado nacional e internacional.

Con todo esto, el proyecto ha cumplido con el objetivo general de proponer un plan de mejora para aumentar la productividad en la línea de producción de batas de cirujano haciendo uso de la herramienta de trabajo estandarizado en los procesos de confección, remate y sellado. Para cumplir con este objetivo se levantó información de procesos y tiempos de los procesos; se realizó un VSM de la situación actual y otro de la situación propuesta; se planteó un plan de mejora a través del círculo de mejora continua de Planificar-Hacer-Verificar-Actuar; y se realizó un análisis de resultados y aumento de productividad.

## REFERENCIAS

- Admin. (2017). Calculadora horas extras y suplementarias. Recuperado 3 de junio de 2017, de <http://www.ecuadorlegalonline.com/laboral/calculadora-horas-extras-suplementarias/>
- Aguilera, C. (2000). Un enfoque en la Teoría de Restricciones. Recuperado 12 de abril de 2017, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-5923200000400004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-5923200000400004)
- Autodesk. (2015). Autodesk Inventor 2015.
- Capacitación GM-GMS BIQ IV Estandarización. (2014). México.
- Cs Odessa. (s. f.). Value Stream Mapping Symbols | Best Value Stream Mapping mac Software | Value-Stream Mapping for Manufacturing | Value Stream Mapping Symbols. Recuperado 20 de marzo de 2017, de <http://www.conceptdraw.com/examples/value-stream-mapping-symbols>
- DHISVE. (2015). Quiénes Somos. Recuperado 10 de diciembre de 2016, de <http://dhisve.com/es/quienes-somos>
- Elizondo, A. (2016). Estudio de Tiempo Industrial (Versión 1.7.6) [Apple].
- FlexSim. (2016). FlexSim: Problem solved (Versión 16.0.9). FlezSim Software Products Inc.
- Galindo, E. (2015). Estadística: Métodos y aplicaciones (Tercera edición). Quito: ProCiencia Editores.
- García, R. (1998). Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo (Segunda edición). México: McGraw-Hill Interamericana.
- García, R. (2009). Administración científica. Córdoba: El Cid Editor | apuntes.
- García, S. (s. f.). VSM – Blog de la asignatura lean manufacturing del máster ingeniero industrial. Recuperado 20 de marzo de 2017, de <http://leanmii.blogs.upv.es/tag/vsm/>
- Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad (Tercera edición). México: McGRAW-HILL.
- ISO9000. (2015). Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario (Segunda actualización). Quito: INCOTEC.
- ISO9001. (2015). Sistema de Gestión de la Calidad: Requisitos (Cuarta actualización). Quito: INCOTEC.

- Jones, D., & Womack, D. (2003). LEAN Thinking. Barcelona: Gestión 2000.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013). Administración de Operaciones: Procesos y cadena de suministro (Décima edición). Naucalpan de Juárez: Pearson.
- López, J. (2013). DBR - YouTube. Recuperado 12 de abril de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=vCDzdnZ4Gtl>
- Microsoft Project. (2016). Project Professional. Microsoft Office.
- Minitab. (2016). ¿Qué es la desviación estándar? Recuperado 18 de mayo de 2017, de <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/introductory-concepts/standard-deviation-variance-and-the-normal-distribution/standard-dev/>
- Mundo Manufactura. (2014). TOC - Teoria de Restricciones. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=jmNUMefl7Do>
- PDCA Home. (s. f.). Cómo dibujar y qué es un diagrama de espagueti o spaghetti chart. Recuperado 19 de marzo de 2017, de <http://www.pdcahome.com/4726/como-dibujar-y-que-es-un-diagrama-de-espaghetti-o-spaghetti-chart/>
- Pérez, J. A. (2012). Gestión por procesos (Quinta edición). Madrid: ESIC EDITORIAL.
- Socconini, L. (2014). Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios: Manual de participante. Barcelona: Marge books.
- Vitutor. (2014). Distribución Normal. Recuperado 18 de mayo de 2017, de [http://www.vitutor.com/pro/5/a\\_1.html](http://www.vitutor.com/pro/5/a_1.html)

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Tabla de suplementos.

SUPLEMENTOS			
<b>1</b>	<b>CONSTANTES</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>
A	a) Necesidades Personales	5	7
B	b) Básico por Fatiga	4	4
	<b>Total constante</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>CANTIDADES VARIABLES</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>
<b>A</b>	<b>Trabajo de Pie</b>		
C	1) Trabajo de Pie	2	4
<b>B</b>	<b>Postura Anormal</b>		
D	2) Ligeramente Incomodo	0	1
E	3) Incomoda (inclinado)	2	3
F	4) Muy Incómodo (Echado, Estirado)	7	7
<b>C</b>	<b>Levantamiento de Peso, Uso de Fuerza</b>		
G	5) Peso y/o Fuerza en Kilos		
a	2,5	0	1
b	5	1	2
c	7,5	2	3
d	10	3	4
e	12,5	4	6
f	15	6	9
g	17,5	8	12
h	20	10	15
i	22,5	12	18
j	25	14	-
k	30	19	-
l	40	33	-
m	50	58	-
<b>D</b>	<b>Intensidad de la Luz</b>		
H	6) Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0
7	7) Bastante por debajo	2	2
I	8) Absolutamente Insuficiente	5	5
<b>E</b>	<b>Calidad del Aire</b>		
J	9) Buena Ventilación o aire libre	0	0
K	10) Mala ventilación. Pero sin emanaciones toxicas ni nocivas	5	5
L	11) Proximidad a hornos o calderas	15	15
<b>F</b>	<b>Tensión Visual</b>		
M	12) Trabajos de cierta Precisión	0	0
N	13) Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
O	14) Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
<b>G</b>	<b>Tensión Auditiva</b>		
P	15) Sonido Continuo	0	0
Q	16) Intermitente y fuerte	2	2
R	17) Intermitente, Muy fuerte y estridente	5	5



<b>H Tensión Mental</b>			
S	18)Proceso algo Complejo	1	1
T	19)Proceso Complejo o atención dividida	4	4
U	20)Muy Complejo	8	8
<b>I Monotonía Mental</b>			
V	21)Trabajo algo Monótono	0	0
W	22)Trabajo Bastante monótono	1	1
X	23)Trabajo muy monótono	4	4
<b>J Monotonía Física</b>			
Y	24)Trabajo algo aburrido	0	0
Z	25)Trabajo aburrido	2	1
Z1	26)Trabajo muy aburrido	5	2






*Nota: Fuente (Roberto García, 1998)*

## Anexo 2. Gráfico de procesos

Página: 1 / 7

### GRÁFICO DE PROCESO






		Resumen			
Proceso:	Confección de puños y mangas	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Posicionar manga en plancha	Operación	3	0,17	
Final:	Coser y retirar manga	Transporte			
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección			
Fecha:	28/3/2017	Retraso			
No. Diagrama:	1	Almacenamiento			

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)						Descripción del paso
1	3,08		x					Posicionar manga en plancha de overlock
2	4,43		x					Tomar puño, doblarlo y ponerlo sobre manga
3	2,60		x					Coser y retirar manga terminada

Página: 2 / 7

### GRÁFICO DE PROCESO

		Resumen			
Proceso:	Confección de mangas y cuerpo	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Posicionar manga y cuerpo	Operación	4	0,52	
Final:	Unir y retirar tira	Transporte			
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección			
Fecha:	28/3/2017	Retraso			
No. Diagrama:	2	Almacenamiento			

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)						Descripción del paso
1	7,06		x					Posicionar manga y cuerpo
2	8,76		x					Unir y retirar tira
3	6,61		x					Posicionar manga y cuerpo
4	8,49		x					Unir y retirar tira

**GRÁFICO DE PROCESO**

		Resumen			
Proceso:	Cierre de mangas a hombro	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Tomar bata	Operación	●	5	0,56
Final:	Coser manga hasta cuello	Transporte	➔		
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección	■		
Fecha:	28/3/2017	Retraso	◐		
No. Diagrama:	3	Almacenamiento	▼		

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)	●	➔	■	◐	▼	Descripción del paso
1	3,18		x					Tomar bata
2	7,56		x					Unir puños y hombro
3	6,88		x					Coser manga-cuello
4	9,62		x					Tomar otra manga unir puños y hombro
5	6,40		x					Coser manga-cuello

**GRÁFICO DE PROCESO**

		Resumen			
Proceso:	Pegado de tiras	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Tomar bata y posicionar	Operación	●	4	0,35
Final:	Pegar tira 2	Transporte	➔		
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección	■		
Fecha:	28/3/2017	Retraso	◐		
No. Diagrama:	4	Almacenamiento	▼		

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)	●	➔	■	◐	▼	Descripción del paso
1	6,51		x					Tomar bata y posicionar
2	4,61		x					Pegar tira 1
3	4,66		x					Girar bata
4	5,01		x					Pegar tira 2

**GRÁFICO DE PROCESO**

		Resumen			
Proceso:	Ribete de cuello JACK	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Tomar bata	Operación	6	0,21	
Final:	Coser hasta terminar	Transporte			
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección			
Fecha:	28/3/2017	Retraso			
No. Diagrama:	5	Almacenamiento			

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)	●	➡	■	◐	▼	Descripción del paso
1	3,55		x					Tomar Bata
2	1,06		x					Coser hasta etiqueta
3	1,35		x					Tomar y posicionar etiqueta
4	1,26		x					Coser hasta tira
5	3,46		x					Tomar y posicionar tira
6	1,887		x					Coser hasta terminar

**GRÁFICO DE PROCESO**

		Resumen			
Proceso:	Remate y doblado	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Tomar bata y dar la vuelta	Operación	8	0,83	
Final:	Enviar caja llena a sellado	Transporte		0,13	8
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección	3		
Fecha:	28/3/2017	Retraso			
No. Diagrama:	6	Almacenamiento			

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)	●	➡	■	◐	▼	Descripción del paso
1	11,63		x		x			Tomar bata y dar la vuelta
2	17,71		x		x			Unir puños, doblar y verificar rectitud
3	4,73		x		x			Poner sobre la mesa y doblar tiras
4	4,29		x					Doblado 1
5	4,35		x					Doblado 2
6	2,66		x					Dar la vuelta y apilar
7	1,71		x					Tomar bata y etiqueta
8	2,64		x					Guardar bata en funda con etiqueta y poner en caja
9	8	8		x				Enviar caja llena a sellado

**GRÁFICO DE PROCESO**

		Resumen			
Proceso:	Sellado y empaquetado	Actividad	Número de pasos	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Principio:	Sellar funda	Operación	●	3	1,78
Final:	Cerrar caja y apilar	Transporte	➡		
Realizado por:	Mateo Crespo Beltrán	Inspección	■		
Fecha:	28/3/2017	Retraso	◐		
No. Diagrama:	7	Almacenamiento	▼		

Núm. De paso	Tiempo (seg.)	Distancia (mts)	●	➡	■	◐	▼	Descripción del paso
1	3,63		x					Sellar funda
2	85,49		x					Meter fundas en caja (x50)
3	17,63		x					Cerrar caja y apilar

### Anexo 3. Plantilla Excel de estudio de tiempos.

Resultado por área		Resultado por proceso			Resultado por actividad																		
Área	Tiempo estándar (seg)	Proceso	Tiempo estándar (seg)	Desvest (seg)	Actividades	Tiempos promedio	Calificación	Tempo normal	Suplementos	Tiempo estándar (seg)	Desvest												
C o n f e c t i o n	122,86	Pegado de tiras	20,79	0,89	Posicionar manga en plancha de overlock	5,55	0,00	5,55	11%	6,16	1,48												
					Tomar puño, doblarlo y ponerlo sobre manga	7,97	0,00	7,97	11%	8,85	2,06												
					Coser y retirar manga terminada	4,92	0,00	4,92	11%	5,46	0,42												
					Posicionar manga y cuerpo	6,36	0,00	6,36	11%	7,06	1,41												
					Unir y retirar tira	7,89	0,00	7,89	11%	8,76	1,06												
					Posicionar manga y cuerpo	5,96	0,00	5,96	11%	6,61	1,18												
					Unir y retirar tira	7,65	0,00	7,65	11%	8,49	0,91												
					Tomar bata	2,86	0,00	2,86	11%	3,18	0,92												
					Unir puños y hombro	6,81	0,00	6,81	11%	7,56	0,94												
					Coser manga-cuello	6,20	0,00	6,20	11%	6,88	0,73												
					Tomar otra manga unir puños y hombro	8,67	0,00	8,67	11%	9,62	0,98												
					Coser manga-cuello	5,77	0,00	5,77	11%	6,40	0,75												
R i b e t e	17,02	Ribete de cuello en máquina JUKI	3,00	Tomar bata	5,75	0,00	5,75	11%	6,38	1,02													
					Coser ribete, etiqueta y tira	9,58	0,00	9,58	11%	10,63	1,73												
					Método Alexandra	33,76	5,54	Tomar bata y dar la vuelta	7,15	0,00	7,15	11%	7,94	2,06									
									Unir puños, doblar y verificar rectitud	15,91	0,00	15,91	11%	17,65	2,52								
									Poner sobre la mesa y doblar tiras	7,36	0,00	7,36	11%	8,17	4,29								
									Método Janeth	4,47	0,70	Tomar bata y dar la vuelta	10,21	0,00	10,21	11%	11,33	1,75					
													Unir puños, doblar y verificar rectitud	15,54	0,00	15,54	11%	17,25	1,96				
													Poner sobre la mesa y doblar tiras	4,15	0,00	4,15	11%	4,60	0,64				
													Método María	41,32	6,32	Tomar bata y dar la vuelta	7,45	0,00	7,45	11%	8,27	0,98	
																	Unir puños, doblar y verificar rectitud	17,14	0,00	17,14	11%	19,03	2,31
																	Poner sobre la mesa y doblar tiras	3,48	0,00	3,48	11%	3,87	0,65
																	Método Janeth	11,01	0,94	Doblado 1	3,77	0,00	3,77
Doblado 2	3,82	0,00	3,82	11%																	4,24	0,46	
Dar la vuelta y ampliar	2,33	0,00	2,33	11%																	2,59	1,02	
Método Janeth	4,24	0,64	Tomar bata y dar la vuelta	1,50	0,00	1,50	11%	1,66													0,30		
				Guardar bata en funda con etiqueta y poner en caja	2,32	0,00	2,32	11%													2,57	0,77	
				Método María	41,32	6,32	Doblado 1	3,30													0,00	3,30	11%
								Doblado 2 y ampliar	5,85	0,00	5,85	11%									6,49	0,76	
								Sellar	3,18	0,00	3,18	11%									3,53	3,30	
								Método María	41,32	6,32	Empaquetar	75,00									0,00	75,00	11%
												Cerrar caja	15,47	0,00	15,47	11%					17,17	2,41	

### Anexo 4. Plantilla ejemplo – Auditoría 5 S's.

AUDITORÍA DE 5 S's			
AREA AUDITADA		EQUIPO AUDITOR	FIRMAS DEL EQUIPO AUDITOR
FECHA		EQUIPO AUDITADO	FIRMAS DEL EQUIPO AUDITADO
RUBROS AUDITADOS			CALIFICACIÓN
Seleccionar	1.1	Se cuenta con una lista de artículos necesarios	V/A/R
	1.2	Los artículos necesarios del area de trabajo se encuentran en buen estado para su uso	V/A/R
	1.3	La lista de artículos necesarios coincide con lo que realmente se tiene	V/A/R
	1.4	Los pasillos y áreas de trabajo están libres de obstáculos y artículos innecesarios	V/A/R
	1.5	Los artículos innecesarios fueron enviados a cuarentena o descartados	V/A/R
Ordenar	2.1	En la lista de artículos necesarios se han establecido claves de ubicación para cada artículo	V/A/R
	2.2	Se han definido lugares para cada cosa (equipos, herramientas, materiales, etc.)	V/A/R
	2.3	Se han establecido y estandarizado métodos de identificación (códigos de colores, claves de ubicación, métodos para organización de anaqueles	V/A/R
	2.4	Se respetan lugares y códigos para cada cosa (los artículos necesarios se encuentran debidamente identificados y en su lugar)	V/A/R
	2.5	Hay información visual que comunique el orden de las áreas, objetos y artículos necesarios	V/A/R
	2.6	La información por parte del cliente se encuentra actualizada	V/A/R
	2.7	Es posible identificar cuando algo está fuera de su lugar	V/A/R
	2.8	Es posible encontrar cualquier artículo en menos de 30 segundos	V/A/R
Limpiar	3.1	Las áreas de trabajo se encuentran limpias	V/A/R
	3.2	Las herramientas y artículos necesarios se encuentran limpios	V/A/R
	3.3	Se han establecido métodos para no ensuciar	V/A/R
	3.4	Se tienen programas de limpieza establecidos y registradas las actividades de limpieza	V/A/R
	3.5	Se cuenta con el equipo de limpieza necesario y en buen estado	V/A/R
	3.6	La apariencia de los integrantes del equipo de trabajo luce limpia e impecable (Uniforme, zapatos, cara, etc.)	V/A/R
Estandarizar	4.1	Se han estandarizado códigos de colores, etiquetas, señalización por escrito	V/A/R
	4.2	Se han estandarizado mobiliario, utensilios, materiales de trabajo, etc.	V/A/R
	4.3	Se ha establecido un manual de estandarización (reglamento de las 5's, guía de ubicación, planos de áreas y anaqueles, etc.)	V/A/R
	4.4	Cumplió en tiempo y forma con evaluar el área que le correspondió la semana pasada	V/A/R
<b>Guía de Calificación</b> V= VERDE (IMPLEMENTACIÓN COMPLETA) * A= AMARILLO (Incumplimiento parcial) * R= ROJO (Incumplimiento TOTAL) *-Requiere seguimiento y plazo de cumplimiento **= Requiere Plan de acción			

