

Universidad del Valle de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial



**Análisis, rediseño, estandarización e implementación de procesos para mejorar la productividad en una fábrica de manufactura de pantalones de lona en la ciudad de Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por  
Pedro Manuel Alfonso Rendón Aragón  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2013



**Análisis, rediseño, estandarización e implementación de procesos para mejorar la productividad en una fábrica de manufactura de pantalones de lona en la ciudad de Guatemala**

Universidad del Valle de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial



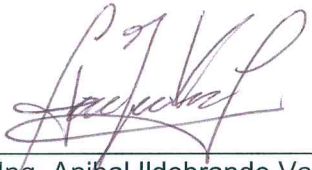
**Análisis, rediseño, estandarización e implementación de procesos para mejorar la productividad en una fábrica de manufactura de pantalones de lona en la ciudad de Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por  
Pedro Manuel Alfonso Rendón Aragón  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2013

Vo. Bo.

(f)   
\_\_\_\_\_  
Ing. Anibal Ildebrando Vargas Lopez

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. Estuardo Antonio Sierra Arias)

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. María del Carmen Rodríguez Flores)

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. Anibal Ildebrando Vargas Lopez)

Fecha de aprobación: Guatemala, 07 de agosto de 2013

# ÍNDICE

	Página
LISTA DE GRÁFICOS .....	vii
LISTA DE TABLAS .....	x
RESUMEN .....	xi
 Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. MARCO TEÓRICO .....	4
A. Descripción de la empresa .....	4
B. Partes de un pantalón de lona .....	4
C. Productividad .....	7
D. Calidad .....	7
E. Costos de calidad .....	8
F. Diagrama de Flujo de Operaciones del Proceso .....	9
G. Toma de tiempos de las operaciones .....	10
H. Tiempo estándar .....	10
I. Cuello de botella .....	11
J. Tiempo Takt .....	11
K. SMED .....	11
IV. ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL DE MANUFACTURA .....	13
A. Descripción del proceso de manufactura .....	13
B. Capacidad de producción de cada área .....	48
C. Indicadores actuales de calidad .....	51
V. DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS CRÍTICOS .....	52
A. Capacidad de producción .....	52
B. Calidad .....	53

VI.	MEJORAS DE PROCESOS .....	56
	A. Capacidad de producción .....	56
	1. Propuestas de mejora .....	56
	2. Implementación de las propuestas de mejora .....	56
	B. Calidad .....	64
	1. Propuestas de mejora .....	64
	2. Implementación de las propuestas de mejora .....	65
	C. Alternativa de inversión .....	69
VII.	RESULTADOS .....	77
	A. Capacidad de producción .....	77
	B. Calidad .....	77
	C. Alternativa de inversión .....	78
VIII.	CONCLUSIONES .....	79
IX.	RECOMENDACIONES .....	80
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
XI.	ANEXOS .....	83
	Anexo 1. Operaciones y tiempos estándar para costura .....	84
	Anexo 2. Registro de tiempos muertos en el proceso de lavandería ...	87
	Anexo 3. Registro de tiempos muertos en el proceso de lavandería después de la implementación de mejoras .....	89

# LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico	
1. Partes de un pantalón de lona .....	5
2. Materiales y accesorios de un pantalón de lona .....	6
3. Colocación de piezas en un patrón de corte .....	13
4. Herramientas usadas en el proceso de corte .....	14
5. Imágenes del proceso de corte .....	14
6. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de corte .....	15
7. Pantalones en rígido .....	16
8. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de jareta .....	17
9. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de bolsas delanteras .....	18
10. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble delantero .....	19
11. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de cuchillas .....	20
12. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de pasadores .....	20
13. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de bolsas traseras .....	21
14. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de refuerzo de pretina .....	21
15. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble trasero .....	22
16. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble de la prenda .....	23
17. Figuras de los acabados especiales en seco .....	29
18. Maniquí para acabados especiales .....	30
19. Pantalón desgastado en acabados especiales .....	31

20. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de acabados especiales .....	31
21. Maquinaria del área de lavado .....	35
22. Partes de una lavadora industrial .....	36
23. Diagrama de recorrido para el área de lavandería .....	36
24. Diagrama de flujo del proceso de recoger químicos .....	40
25. Análisis de los retrasos medidos en el área de lavandería .....	41
26. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de lavado .....	42
27. Volteo de prendas .....	44
28. Pantalón terminado .....	45
29. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de acabados de presentación .....	46
30. Tiempo de producción actual vs. tiempo takt .....	53
31. Diagramas de Pareto de unidades no conformes de las últimas 4 semanas .....	54
32. Carrito con químicos en el área de lavandería .....	57
33. Análisis de los retrasos medidos en el área de lavandería después de la implementación de mejoras .....	58
34. Resultados de la prueba de dos varianzas .....	59
35. Resultados de la prueba de hipótesis para dos medias .....	60
36. Tiempos de retrasos antes vs. después de la implementación de mejoras .....	60
37. Diagrama de operaciones del proceso de costura de lavado después de la implementación de mejoras .....	61
38. Diagrama de causa y efecto de las piezas no conformes en el área de acabados especiales .....	64
39. Diagramas de Pareto de unidades no conformes para las siguientes semanas posteriores a la implementación de las propuestas de mejora.....	66
40. Indicador de calidad de la planta .....	69
41. Retorno de la inversión .....	73

42. Tasa interna de retorno .....	74
43. Análisis de sensibilidad .....	75
44. Vista en planta del área de lavandería antes de la compra de la lavadora .....	76
45. Vista en planta del área de lavandería con de la compra de la lavadora .....	76

# LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Símbolos del diagrama de flujo de operaciones de acuerdo con el estándar ASME .....	9
2. Balanceo de líneas para un módulo del área de costura .....	25
3. Balance de líneas para un módulo del área de acabados especiales .....	33
4. Operaciones del proceso de lavado .....	37
5. Operaciones del área de lavandería .....	45
6. Balance de línea para el área de acabados de presentación .....	47
7. Determinación de la capacidad de producción del área de lavandería .....	49
8. Determinación de la capacidad de producción por semana de cada área .....	50
9. Indicadores de calidad de la empresa .....	51
10. Tiempo takt para cada área vs. tiempo actual de producción .....	52
11. Comparación de las operaciones del proceso de lavado antes y después de la implementación de mejoras .....	63
12. Determinación de la nueva capacidad de producción de Lavandería ...	63
13. Indicadores de calidad de la empresa para las siguientes semanas ....	66
14. Indicadores de calidad para acabados especiales .....	68
15. Capacidad de producción del área de lavandería con la compra de una lavadora adicional .....	70
16. Capacidad de producción de la planta con la compra de una lavadora adicional .....	70
17. Datos utilizados para el análisis financiero .....	71
18. Tiempo de retorno de la inversión .....	73
19. Resultados del análisis de sensibilidad .....	74

## RESUMEN

La fábrica de pantalones de lona, tratada en el presente trabajo, tenía el objetivo de aumentar la productividad del proceso productivo como mínimo en un 5%, por lo que estaba buscando lograrlo a través de incrementar la capacidad de la planta. Sin embargo, se buscaron alternativas distintas a realizar una alta inversión, con las que pudiera producir más pantalones de lona utilizando los mismos recursos de personal y maquinaria.

Para ello, se realizó un análisis del proceso de manufactura donde se determinaron los procesos críticos a través de diagramas de procesos de operaciones, tomas de tiempos y análisis estadísticos, entre otros. Con ello, se hicieron las propuestas respectivas de mejora para generar un aumento en la productividad. Dichas mejoras fueron implementadas y ejecutadas con el apoyo del personal de la empresa, y luego fueron medidos los impactos de estos cambios. Al finalizar las implementaciones se logró mejorar en un 6.9% la productividad total del proceso y en un 4.7% la calidad.

Además se hizo un análisis financiero sobre hacer una inversión en maquinaria para aumentar la capacidad de producción de la planta como una alternativa adicional para la empresa, comparando los costos y beneficios.

Finalmente se muestran los beneficios que trae hacer un análisis para buscar mejoras en un proceso aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria de Ingeniería Industrial, pues cuando se trabajan producciones de nivel industrial estas mejoras pueden representar grandes cantidades de dinero para la empresa.

# I. INTRODUCCIÓN

Debido al giro del negocio, la planta de producción determinó que debía incrementar la productividad como mínimo en un 5% para lograr los objetivos que buscaban. Por ello el siguiente trabajo realiza un análisis completo del proceso de manufactura con el fin de identificar los procesos críticos donde se puedan aplicar mejoras que resulten en un incremento en la productividad y calidad.

Para ello, se inició con un análisis del proceso de manufactura, donde se identificaron las áreas y sus operaciones. El proceso se realiza en 5 áreas por separadas las cuales son: corte, costura, acabados especiales, lavandería y acabados de presentación. Con ello, se determinó cuál de las 5 áreas de producción era el cuello de botella que limitaba el ritmo de producción, así como cuál era el área que mayor número de prendas no conformes presentaba, para enfocarse en dichas áreas y realizar las propuestas de mejoras respectivas.

Para buscar mejorar la productividad, se hizo un diagrama de operaciones y un estudio de tiempos para cada una de las áreas, identificando que el área de lavandería era el cuello de botella. Por ello, el presente trabajo se centra en las oportunidades de mejora en la productividad únicamente para el área de lavandería ya que un impacto en esta área generaría un impacto en todo el proceso. Luego se determinaron los procesos críticos de esta área y los tiempos de retrasos, donde se vio que las demoras que ocurren son debido a factores humanos, por lo que existe una variabilidad en los tiempos de retrasos. Es por ello que se llevó a cabo un análisis estadístico para determinar que los retrasos tenían un comportamiento de una distribución normal y que tendían a un valor central. Luego de hacer las propuestas de mejoras e implementarlas se realizó un análisis de prueba de hipótesis T para dos muestras, con el fin de evaluar un cambio en la media. Con las propuestas implementadas se mejoró la productividad en un 6.9% superando al expectativa requerida por la fábrica.

Para mejorar la calidad en el proceso de manufactura se evaluaron, dentro de las 5 áreas, el número de prendas no conformes semanales que presentaba cada área, determinando que el área de acabados especiales era la que mayor defectos en calidad presentaba. Se identificaron todos los criterios de calidad que debían cuidarse tales como forma, posición, intensidad y consistencia, luego se capacitó al personal y se colocó una pieza de referencia en su estación de trabajo. Con ello se logró aumentar la calidad en 4.7% en el área de acabados especiales.

Por último, se realizó un análisis financiero para incrementar la capacidad de producción en el área de lavandería con la compra de otra lavadora industrial que apoyaría a incrementar la productividad total puesto que aún con las mejoras implementadas, esta área seguía siendo un cuello de botella. Esto con el fin de evaluar los costos y beneficios y brindarle a la empresa la alternativa adicional por si quisieran elevar aún más la productividad.

**Nota:** Por motivos de confidencialidad de la empresa, se restringe la información presentada en este trabajo, como nombres de materias primas, químicos utilizados en los procesos y proveedores. Así mismo los datos, como los costos y ventas de la empresa, fueron modificados por un factor y por ende no son explícitos, pero sí representativos para el análisis.

## II. OBJETIVOS

### A. General

- Analizar los procesos críticos para rediseñar, estandarizar e implementar propuestas de mejora, con el fin de incrementar la productividad y la calidad en una fábrica de manufactura de pantalones de lona en la ciudad capital de Guatemala.

### B. Específicos

1. Realizar un análisis completo del proceso de manufactura de pantalones de lona para determinar los procesos críticos que se optimizarán para luego estandarizarlos.
2. Llevar a cabo el diseño óptimo de trabajo para el proceso crítico con el fin de incrementar la productividad en el área de trabajo y reducir los desperdicios y reprocesos.
3. Incrementar la productividad total en un 5% o más con el rediseño y la implementación de mejoras en los procesos.
4. Analizar los costos y beneficios de realizar una inversión para incrementar la capacidad de producción, con el fin de proponerle una opción adicional para incrementar la productividad de un proceso crítico.

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Descripción de la empresa

La empresa se dedica exclusivamente a la manufactura de pantalones de lona para exportación. La producción de la planta opera con un sistema bajo pedido. Para ello el departamento de planificación de la producción mantiene un número de producción estable que no varía de semana a semana. Esto se hace como política de la empresa para evitar altos números de contrataciones o despidos ocasionados por las fluctuaciones en la demanda del mercado. El departamento de ventas juega un rol muy importante en esto, ya que en las negociaciones de ventas debe estar muy atento con la planificación de la planta para saber cuándo puede ofrecer una entrega de producto.

La empresa se divide en varios procesos distintos, que más adelante se describirán. Estos trabajan un total de 44 horas a la semana y pagan a su personal por cumplir la meta de producción establecida. Esto hace que no se paguen horas extras, ya que para recibir el bono de la meta de producción se debe cumplir con el trabajo en las 44 horas.

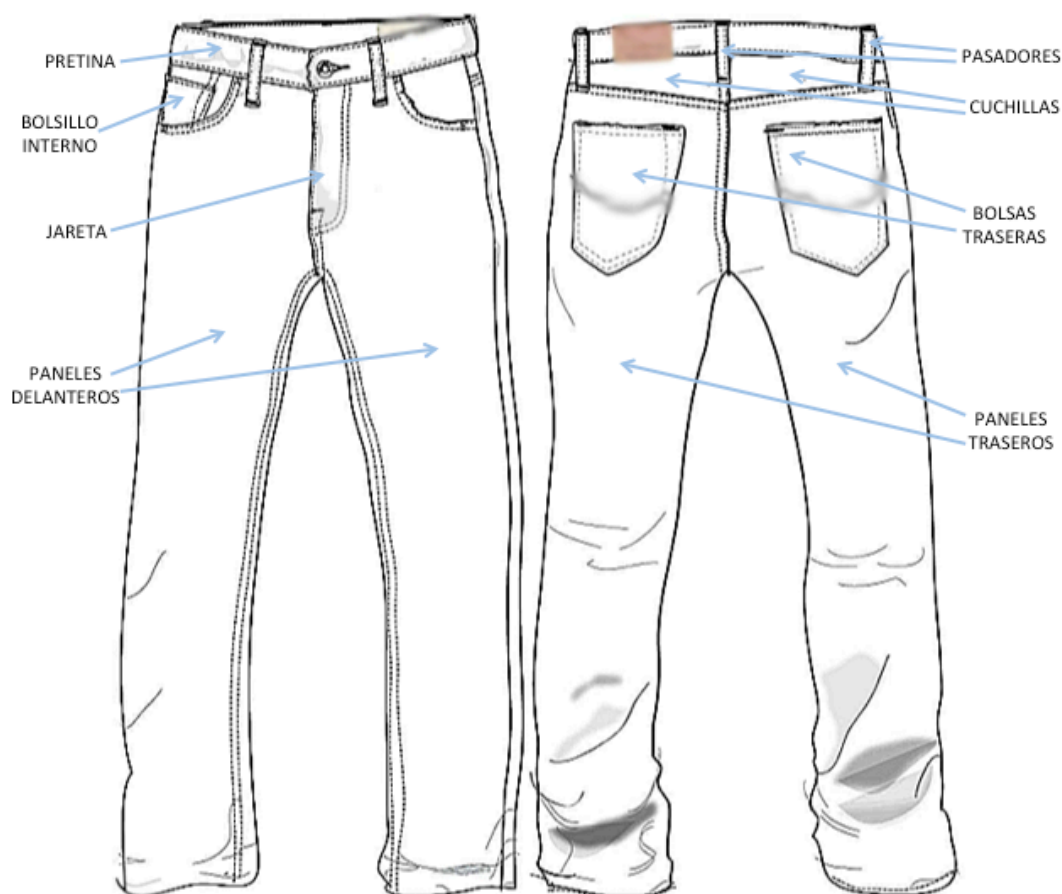
#### B. Partes de un pantalón de lona

El proceso de producción de un pantalón de lona comienza por el corte de la lona. De ésta se obtienen las distintas partes que formarán la prenda al momento de confeccionarla. El gráfico 1, que se encuentra en la página 5, muestra las distintas partes de la prenda.

- **Paneles delanteros y traseros:** Son las piezas de lona más grandes de la prenda que forman el cuerpo del pantalón, abarcan el tamaño de la pierna. En el corte de la lona se obtienen dos paneles delanteros (el derecho y el izquierdo) y dos paneles traseros (el derecho y el izquierdo), que luego se coserán con las demás piezas para formar el pantalón.
- **Pretina:** Es la cintura del pantalón. Tiene forma de cinta y cumple la función de sujetar el resto de las partes a la cintura.
- **Pasadores:** Son las piezas rectangulares pequeñas que van a la altura de la cintura. Se cose un extremo sobre la pretina y el otro sobre los paneles frontales y las cuchillas, de manera que se forme un espacio intermedio donde la persona pueda ponerse su cinturón de vestir.
- **Cuchillas:** Son dos piezas de forma trapezoidal que se encargan de unir cada panel trasero con la pretina.

- **Bolsas traseras:** Son las bolsas ubicadas en la parte trasera del pantalón. Estas se cosen sobre los paneles traseros.
- **Jareta:** Es la parte ubicada entre los dos paneles frontales y la pretina. En ella se cose un extremo de la cremallera o zíper, dejando un ala para cubrirlo y que no quede a la vista, mientras que el otro extremo de la cremallera se cose al panel derecho. La jareta luego es cosida al panel izquierdo, dándole la funcionalidad al zíper para el uso de las personas.
- **Bolsillo interno:** Está ubicado dentro de las bolsas frontales del pantalón.

Gráfico 1. Partes de un pantalón de lona



Adicionalmente a las partes de la prenda obtenidas de la lona, hay otros materiales y accesorios utilizados para la confección de un pantalón de lona, los cuales se pueden observar en el gráfico 2 ubicado en la página 6.

- **Hilo:** Es el material utilizado para coser las partes de la prenda. Varía en color y grosor dependiendo del estilo que se desee de pantalón.
- **Manta:** Es utilizada para hacer el interior de las bolsas delanteras del pantalón.

- **Etiquetas:** Son colocadas en el interior de la prenda y en ellas va impresa la información del pantalón para el cliente. En ellas se indica la marca, el estilo, la talla de largo y cintura, la composición de la lona y las recomendaciones de uso y lavado.
- **Cuereta:** Es el accesorio del pantalón donde va impresa la marca, ubicada en el exterior del pantalón sobre la pretina en la parte trasera.
- **Entretela:** Se usa en el proceso de costura para dar mayor agarre a las partes del pantalón; se coloca entre las costuras para que haya más resistencia en la unión formada.
- **Zíper o cremallera:** Se conforma del zíper, el carrito y los topes. Su función es permitir una cerradura deslizable para ajustar el pantalón al usarlo.
- **Botón y burr:** El burr es el accesorio que atraviesa la pretina, dejando de un lado un tope y del otro una punta donde se introduce el botón. La máquina que realiza esta operación comprime dicha punta de manera que se expanda y atrape al botón. Este se coloca sobre un extremo de la pretina y se usa para ajustar el pantalón al usarlo, al introducirse dentro del ojal ubicado en el otro extremo de la pretina
- **Rivet y fastener:** Son accesorios metálicos que se le colocan al pantalón para dar mayor resistencia en las uniones de costura. Su colocación es similar a la del botón y burr.

Gráfico 2. Materiales y accesorios de un pantalón de lona



## C. Productividad

Es una medida utilizada para representar qué tan bien se están utilizando los recursos, y se refiere a la proporción de productos en relación con los insumos. Esta es una medida relativa, pues para que se pueda interpretar se debe comparar con una operación similar o con medidas registradas de la misma operación a lo largo del tiempo. La productividad se puede expresar en forma de medidas parciales, multifactoriales o totales, donde se pueden representar las razones de productos a un insumo, a varios insumos o al total de insumos, respectivamente. (Chase, Jacobs y Aquilano. 2009:28)

Para este trabajo se usa una medida parcial de la productividad en relación a un único insumo, que es la mano de obra. Esta medida se expresarse como:

$$Productividad = \frac{\text{Número de pantalones}}{\text{Horas trabajadas}}$$

La meta de todo proceso es ser cada vez más productivo. Considerando que los recursos con los que cuenta una empresa son limitados, es altamente deseable que dichos recursos sean aprovechados de la mejor manera, y que se conviertan a más productos.<sup>1</sup>

## D. Calidad

Un producto de calidad es aquel que cumple las expectativas del cliente. Hay varios aspectos que intervienen para definir lo que el cliente percibirá como calidad, como el precio, la funcionalidad o la durabilidad, entre otros. El cliente estará dispuesto a pagar por un producto de calidad que satisfaga sus expectativas, por lo que es importante mantener los estándares que los clientes buscan. Si se logra administrar de una manera correcta, se puede formar un vínculo de lealtad con los clientes.<sup>2</sup>

Es importante destacar que en la empresa tratada en este trabajo, los productos que no alcanzan los estándares de calidad son catalogados como no conformes, lo cual representa una pérdida de dinero para el negocio. La empresa cuenta con un índice de calidad que se mide semanalmente. Éste toma en cuenta el número de unidades que estuvieron conformes dividido entre la cantidad total de unidades. De esta forma se obtiene un número que se puede interpretar como

---

1. [http://www.productividad.org.mx/es/elementos\\_concep.aspx](http://www.productividad.org.mx/es/elementos_concep.aspx)

2. [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/infodir/introduccion\\_a\\_la\\_calidad.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/infodir/introduccion_a_la_calidad.pdf)

qué tan bien está produciendo la planta, además de ser utilizado para determinar las oportunidades de mejora. Además la empresa ha llegado a un acuerdo con sus clientes para venderles a un precio menor las piezas que se salgan de las tolerancias, siendo este precio el costo del producto; es decir que la empresa no obtiene utilidad bruta pero recupera sus costos de fabricación.

## **E. Costos de calidad**

Aunque la teoría de calidad en un proceso de manufactura dice que la calidad se produce y no se audita, cuando un proceso no está totalmente estandarizado es muy difícil eliminar algunos puntos de control de calidad como las inspecciones y demás.

Los costos de calidad son los costos que no existirían si todo se hiciera correctamente desde la primera vez. También se pueden definir como los recursos económicos que se utilizan para asegurar la calidad requerida y dar confianza de ello. Se puede hacer una separación entre costos de calidad y costos de no calidad. Los primeros son los costos o inversiones para lograr una calidad deseada, mientras que los segundos son la suma de los recursos desperdiciados por la mala calidad.

Según Chase, Jacobs y Aquilano (2009:311), hay tres suposiciones básicas que justifican un análisis de los costos de la calidad, las cuales son que las fallas son provocadas, que la prevención es más barata y que se puede medir el desempeño.

Lo costos de calidad se clasifican en cuatro categorías:

- Costos de evaluación: Los costos de inspecciones, pruebas o auditorías para evaluar si se logra o mantiene la calidad.
- Costos de prevención: La suma de todas las actividades de prevención de fallas, como capacitaciones a personal, rediseño de procesos o compra de nuevo equipo.
- Costos de falla interna: Son los resultantes de ineficiencias de productos que no logran cumplir con los requisitos de calidad previo a su entrega al cliente.
- Costos de falla externos: Son los resultantes de un producto que no alcanza la calidad luego de ser adquirido por el cliente.






Se debe resaltar que estos dos últimos son los más dañinos para una empresa, pues son los costos de no calidad. Estos además de tener un impacto inmediato en los costos de los productos, también deterioran la relación con el cliente porque este percibe que no se le pueden satisfacer sus requerimientos.

## F. Diagrama de Flujo de Operaciones del Proceso

Según Niebel y Freivalds (2009:25), esta es una herramienta para representar de forma gráfica la secuencia cronológica de las operaciones que componen un proceso productivo. En este diagrama se muestran los elementos básicos como las operaciones, inspecciones, demoras, transportes y almacenajes, así como los tiempos y materiales que se utilizan para el proceso de manufactura.

El diagrama sigue una línea vertical hacia abajo mostrando el ensamblaje principal del producto, y muestra las entradas de los componentes, recursos y materias al proceso. Estas entradas se representan con flechas horizontales que ingresan por la izquierda al diagrama, y las salidas se representan por la derecha con una flecha horizontal hacia afuera del diagrama. En cambio las distintas actividades que se realizan en el proceso tienen su representación con una figura respectiva, como se muestra en la tabla siguiente:

*Tabla 1. Símbolos del diagrama de flujo de operaciones de acuerdo con el estándar ASME*

<b>Actividad</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Operación		Ocurre cuando se realiza un proceso intencional de transformación al producto.
Transporte		Ocurre cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, pero el movimiento no es parte de una operación.
Inspección		Se lleva a cabo cuando se examina una parte para determinar su cumplimiento con un estándar.
Almacenamiento		Se presenta cuando se guarda el producto en un lugar determinado.
Retraso		Ocurre cuando una pieza no puede ser procesada inmediatamente y debe esperar.

El diagrama muestra al final un cuadro resumen con el número de actividades de cada tipo y su sumatoria del tiempo. Esto es muy útil para identificar las oportunidades de mejora y los desperdicios de tiempo, con el fin de reducir los costos.

## **G. Toma de tiempos de las operaciones**

Para poder medir el trabajo y establecer estándares se utiliza la técnica de medición de tiempos de las operaciones. Esta se hace mediante la observación directa de las actividades que componen el proceso. Según Jacobs y Aquilano (2009:169), el tiempo de operación es la sumatoria de todas las actividades que componen una operación, incluyendo la preparación, la corrida y el procesamiento. Para determinar el tiempo de una operación repetitiva se debe medir un ciclo, es decir el tiempo que transcurre entre el inicio y el fin de un trabajo.

Para los análisis de procesos realizados en este trabajo, se realizaron varias tomas de tiempos. Para ello se seleccionó, con ayuda de los encargados de producción, a los empleados calificados para que se les realizaran las mediciones. Esta selección es muy importante ya que, según Niebel y Freivalds (2009:328), el empleado calificado puede ser utilizado para obtener un promedio representativo de un trabajador que esté completamente capacitado, y que sea capaz de realizar satisfactoriamente cualquiera de las etapas del trabajo involucradas, de acuerdo con los requerimientos del trabajo en consideración. Estos empleados realizaron las actividades siguiendo un paso estándar, el cual se puede definir como la tasa efectiva de desempeño de un empleado calificado, consciente, que no trabaja ni de prisa ni de espacio y que tiene en consideración todos los requerimientos de calidad de su trabajo. Es de esta manera que se define el tiempo de las operaciones para este trabajo.

## **H. Tiempo estándar**

En los procesos industriales se realizan operaciones repetitivas, las cuales son estandarizadas para que tengan la misma duración. Esto permite trabajar con los tiempos estándares de operaciones para predecir cuánto se puede producir. Esta herramienta es muy útil para hacer un balanceo de líneas, en donde varios operadores realizan varias operaciones en simultáneo en un proceso lineal. Aquí se determina que la velocidad de producción dependerá del proceso más lento, para lo cual se pueden tomar distintas medidas con el fin de incrementar el ritmo de producción, como asignar más personas que realicen la misma operación en paralelo o rediseñar el proceso. (Niebel y Freivalds, 2009:345)

En la empresa se utilizan los tiempos estándares de las diversas operaciones de cada etapa del proceso para realizar una planificación de la producción, asignando cierto número de personas a trabajar en las líneas. Sin embargo es importante destacar que el tiempo estándar es un promedio que representa de mejor forma el tiempo aproximado que una persona se puede tardar en realizar la

operación. A diferencia de una máquina, que tendrá variaciones mínimas en su tiempo estándar de operación, una persona se ve afectada por diversos factores como el estado de ánimo, el nivel de fatiga o la concentración.

## I. Cuello de botella

Se puede definir como el recurso que restringe o limita la producción debido a una capacidad inferior al resto. Un cuello de botella puede ser una persona, una herramienta especial, una máquina o un proceso. (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009:686)

En las plantas de manufactura es muy importante tener identificado cuál es el cuello de botella, ya que este recurso es el que marcará el ritmo de producción. Además cualquier retraso que se tenga en el cuello de botella impactará directamente en todo el proceso de producción. Por otro lado, los otros recursos que no son cuellos de botella se les llama canales despejados; en estos, cualquier tiempo ganado o ahorrado será una ilusión y sólo añadirá más tiempo ocioso.

## J. Tiempo takt

Se define como el tiempo disponible de producción dividido entre la demanda. Esto nos presenta el valor del tiempo que nos podemos tardar para producir una pieza y cumplir con la demanda. Se debe de tratar que nuestro tiempo estándar de producción por pieza esté debajo del tiempo takt. Si el tiempo estándar de alguna operación de nuestro proceso está por encima del tiempo takt significa que no seremos capaces de cumplir con la demanda, y que se deben tomar acciones para mejorar dicha operación.<sup>3</sup>

$$t_{Takt} = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{demanda}}$$

## K. SMED

El sistema SMED es una práctica que permite ahorrar tiempo en los cambios de máquina. Consiste básicamente en optimizar los procesos que se realizan para darle mantenimiento a una máquina, o para prepararla para el siguiente proceso. De esta manera se logra reducir el tiempo que

---

<sup>3</sup> [http://lean.mty.itesm.mx/PDF/Takt\\_time.pdf](http://lean.mty.itesm.mx/PDF/Takt_time.pdf)

una máquina no está disponible y se aumenta la capacidad de producción del proceso. Dicha metodología se compone de 4 etapas.<sup>4</sup>

- Etapa 1: Observar y medir
- Etapa 2: Separar operaciones internas y externas
- Etapa 3: Convertir operaciones internas a externas
- Etapa 4: Optimización

Las operaciones internas se definen como aquellas operaciones que se realizan para darle mantenimiento a una máquina que sólo se pueden realizar cuando esta se ha parado. Por el contrario, las operaciones externas son aquellas que no necesitan de la máquina en reposo, por lo que se pueden adelantar y tener preparadas para no ocupar tiempo en ellas cuando la máquina está detenida.

---

<sup>4</sup> <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/SMED.pdf>



En el Gráfico 4, se muestran las herramientas utilizadas en el proceso; de primero se encuentra la mesa de tendido a), la cual tiene una longitud de 15 metros y posee rieles a sus costados donde se ensambla el rollo de lona. De segundo se muestra una cortadora manual b), que debe ser operada por una persona utilizando un guante de protección metálico como medida de seguridad.

*Gráfico 4. Herramientas usadas en el proceso de corte.*



a) mesa de tendido



b) cortadora manual

A continuación se muestra el Gráfico 5, con imágenes del proceso de corte. De primero se muestra cómo se van realizando los tendidos de lona a), y luego se muestra una imagen del proceso de corte de la tela b). Es importante destacar que entre estos dos procesos se debe dejar un tiempo de relajamiento de la tela, ya que esta se encuentra tensa al momento de estar enrollada, y estira al ser desenrollada. Si se realiza el corte de las piezas sin el tiempo de relajamiento es muy probable que las piezas queden con medidas más grandes, pues la tela se relajará con el tiempo.

*Gráfico 5. Imágenes del proceso de corte*



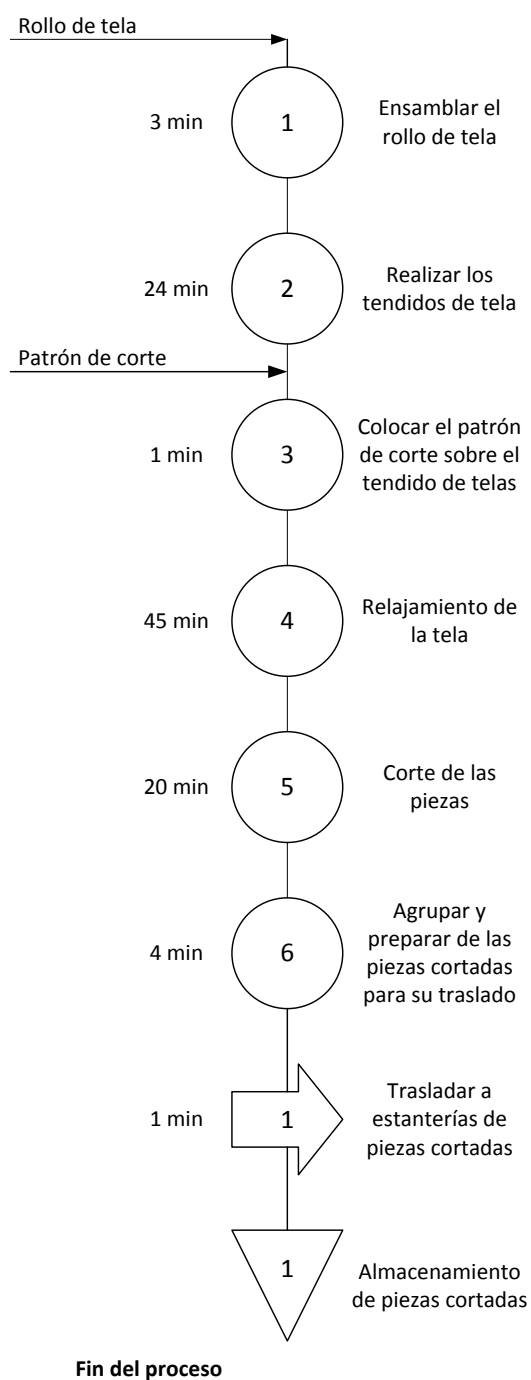
a) tendido de lona



b) corte de la tela

Para analizar este proceso se realizó un diagrama de flujo de operaciones del proceso, y se realizó una toma de tiempos para determinar la duración de dichas actividades. A continuación se muestra en el Gráfico 6, el diagrama de operaciones del proceso de corte, con el tiempo que dura realizar cada actividad, según los resultados de la medición de tiempos realizada.

Gráfico 6. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de corte



## Resumen

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	6	97 minutos
Transporte	1	1 minuto
Almacenamiento	1	-
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>98 minutos</b>

○ **Costura:**

En esta etapa del proceso se cosen las piezas para ensamblar el pantalón. Para ello se tienen varias líneas de producción donde los operarios utilizan distintas máquinas para la confección de la prenda.

Se comienza primero a trabajar en las partes pequeñas: jareta, pasadores, bolsas delanteras, bolsas traseras y pretina. Luego entran a una línea de costura que se encarga de realizar el ensamblaje trasero y el ensamblaje delantero en paralelo. Al final de la línea se realiza el ensamble total de la prenda y se le coloca un botón plástico para que posteriormente se puedan manipular las prendas en los maniqués. Este botón plástico será luego reemplazado por el botón metálico en el área de acabados de presentación ya que los accesorios metálicos no soportan el tratamiento químico que sufre la prenda en el proceso de lavandería y se corroen. Las operaciones de costura se detallan en el Anexo 1, que muestra los tiempos estándar de las operaciones de costura.

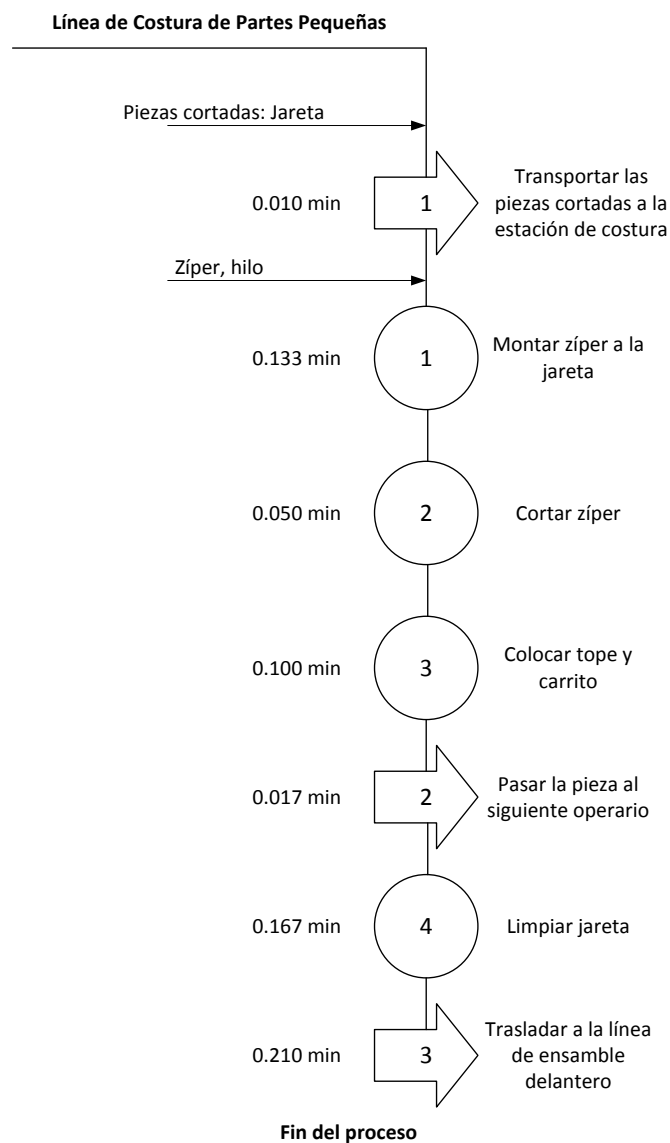
Al resultado de este proceso se le conoce como pantalón rígido debido a que la tela no ha sido tratada, ni posee los acabados visuales de desgaste. Por último se prepara el producto para trasladarlo en tarimas plásticas al área de acabados especiales.

*Gráfico 7. Pantalones en rígido*



Este proceso tiene varias líneas especializadas para confeccionar las distintas partes del pantalón e irlo armando por etapas; hay 6 líneas que se encargan de armar las partes pequeñas (jareta, pasadores, cuchillas, pretina y bolsas), 2 que hacen el ensamble trasero y delantero, y 1 que realiza el ensamble total de la prenda. Éstas trabajan en paralelo, por lo que para realizar el análisis de sus tiempos de producción se realizó de primero un diagrama de las operaciones del proceso para cada línea, que se puede observar en los gráficos a continuación.

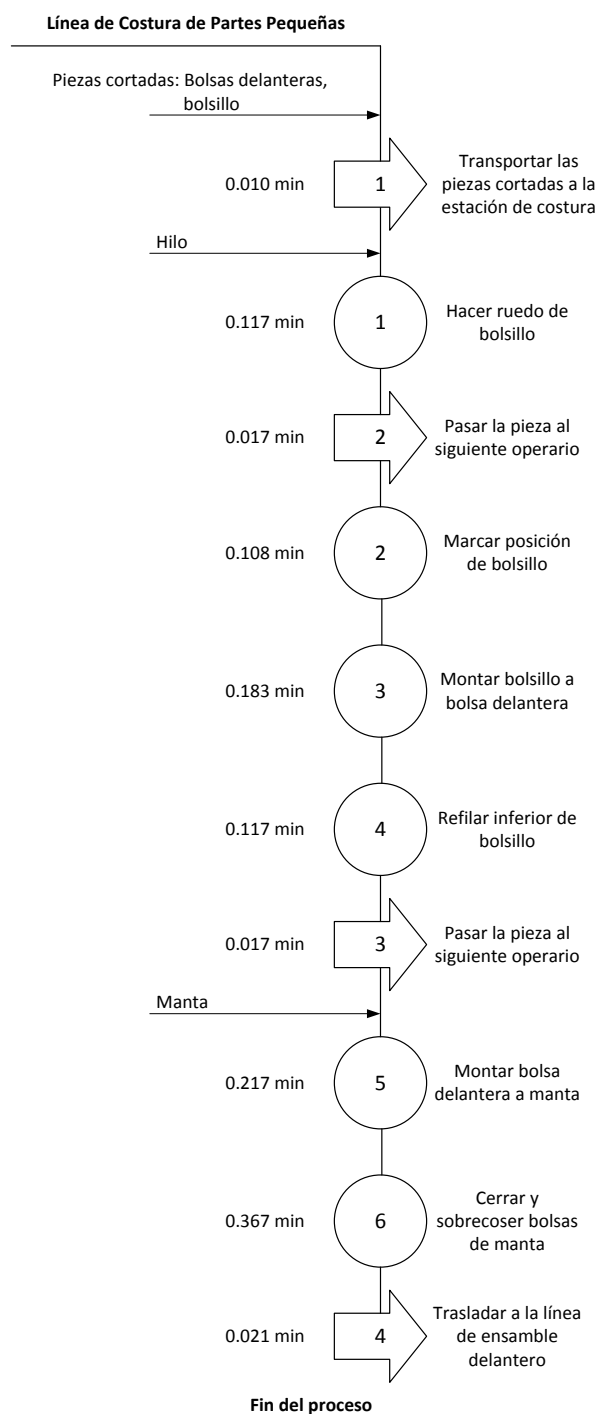
Gráfico 8. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de jareta



### Resumen

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	4	0.450 minutos
Transporte	3	0.048 minutos
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>0.498 minutos</b>

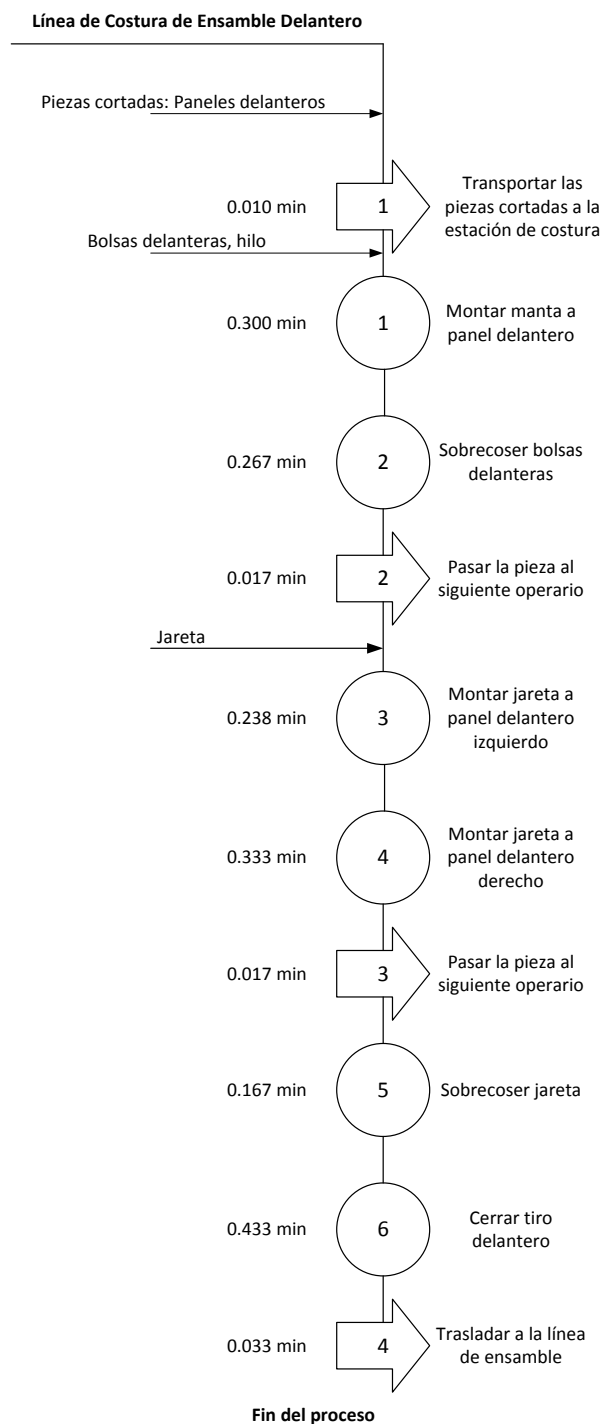
Gráfico 9. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de bolsas delanteras



### Resumen

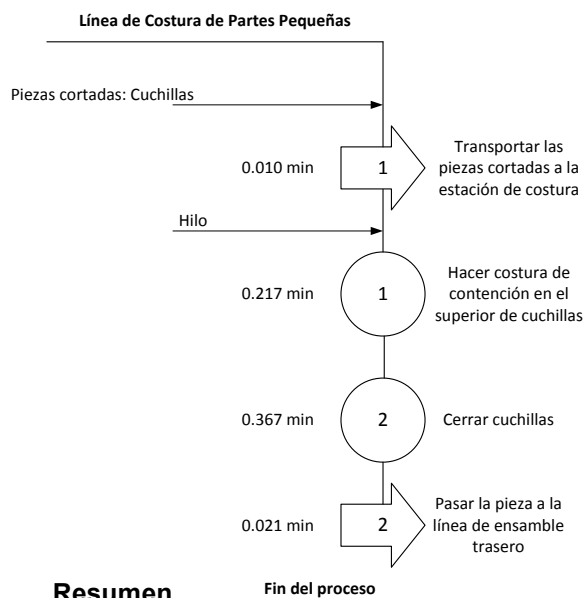
Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	6	1.108 minutos
Transporte	4	0.064 minutos
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1.173 minutos</b>

Gráfico 10. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble delantero

**Resumen**

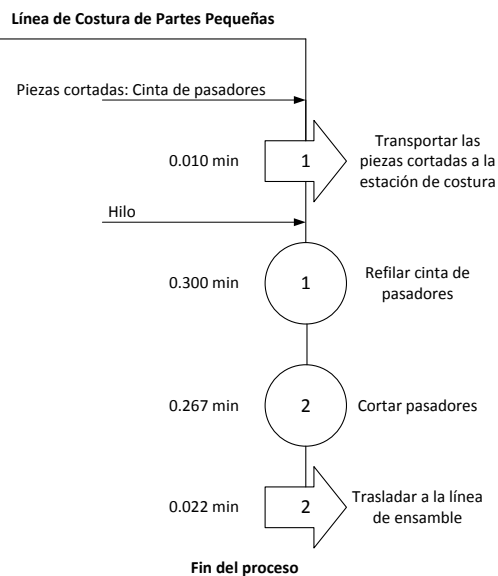
Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	6	1.783 minutos
Transporte	4	0.077 minutos
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1.860 minutos</b>

Gráfico 11. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de cuchillas

**Resumen**

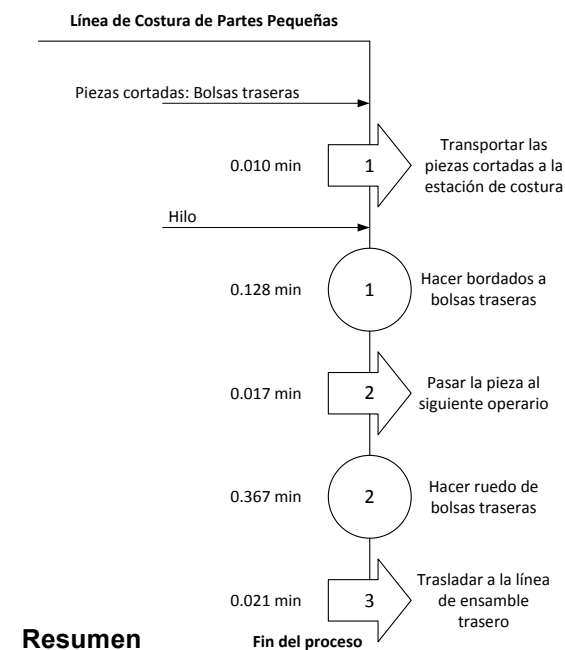
Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	2	0.583 minutos
Transporte	2	0.031 minutos
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>0.604 minutos</b>

Gráfico 12. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de pasadores

**Resumen**

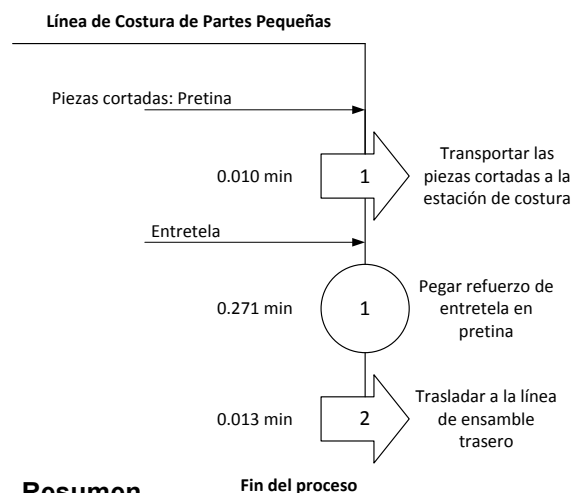
Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	2	0.567 minutos
Transporte	2	0.032 minutos
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>1.860 minutos</b>

Gráfico 13. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de costura de bolsas traseras

**Resumen**

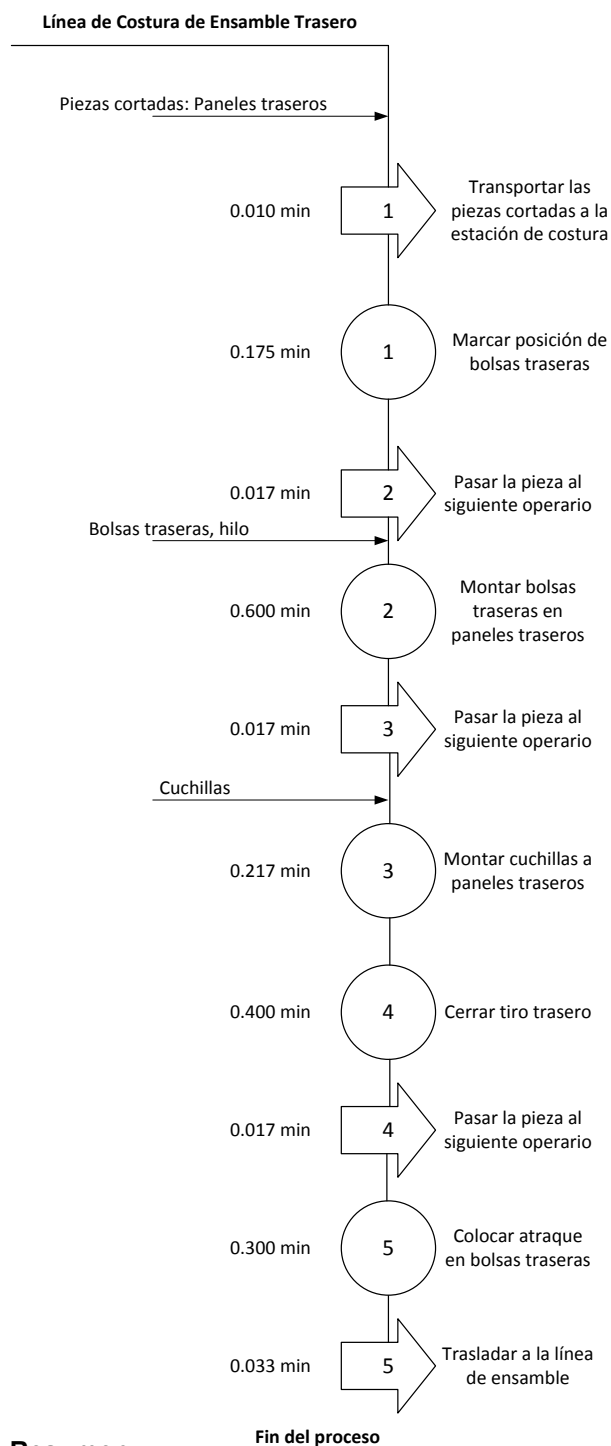
Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	2	0.494 minutos
Transporte	3	0.048 minutos
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>0.542 minutos</b>

Gráfico 14. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de refuerzo de pretina

**Resumen**

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	1	0.271 minutos
Transporte	2	0.023 minutos
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>0.294 minutos</b>

Gráfico 15. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble trasero

**Resumen**

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	5	1.692 minutos
Transporte	5	0.093 minutos
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>1.785 minutos</b>

Gráfico 16. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble de la prenda

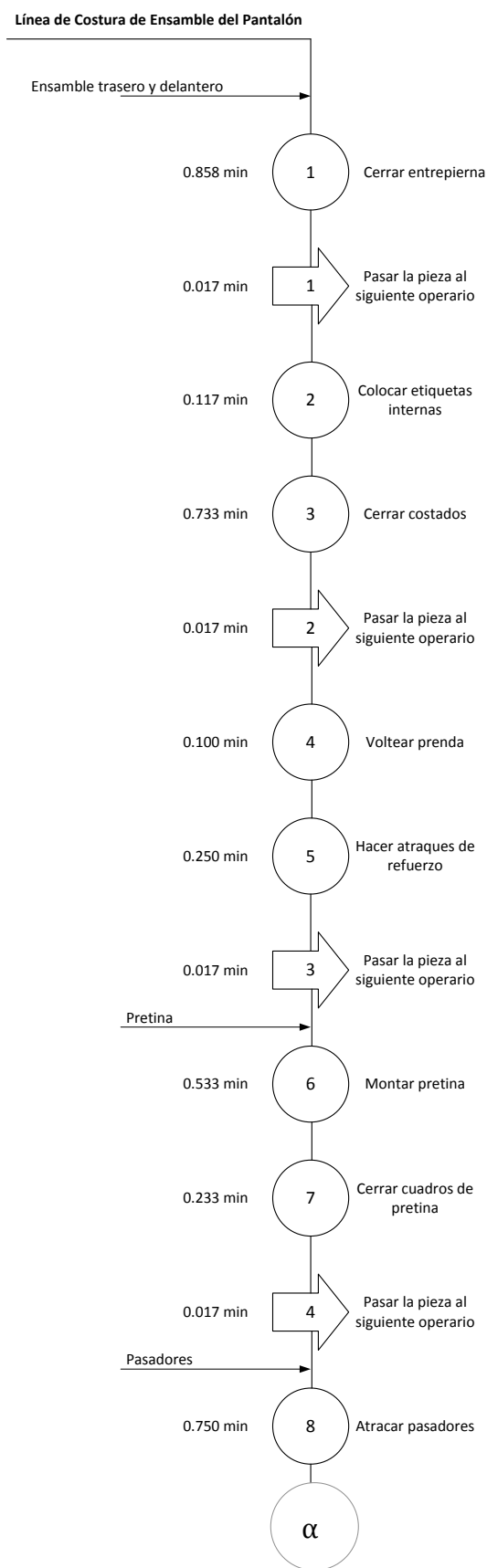
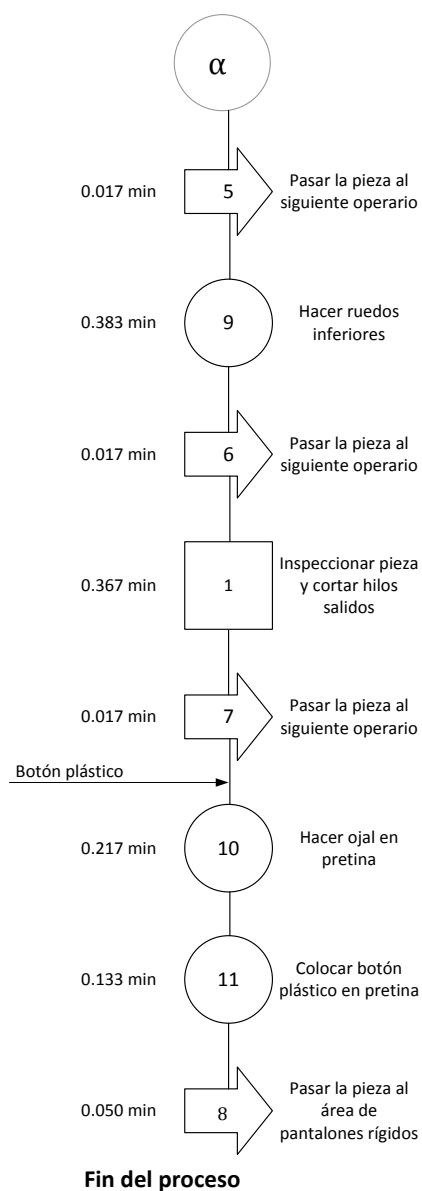


Gráfico 16 (continuación). Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de ensamble de la prenda



### Resumen

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	11	4.308 minutos
Transporte	8	0.167 minutos
Inspección	1	0.367 minutos
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>4.842 minutos</b>

Ya que las operaciones se realizan en paralelo, también se realizó un análisis de balanceo de líneas, en el cual se muestra cuántas personas hay asignadas para cada operación. De esta manera se define la velocidad de producción que tendrá un módulo del área de costura. Este detalle se encuentra en la Tabla 2, que se muestra a continuación. En ella están agrupadas por estaciones de trabajo todas las operaciones que realiza un mismo operario. El tiempo de operación es la sumatoria del tiempo de las actividades que se realizan en una misma estación; el detalle de los tiempos de cada operación se encuentra en el Anexo 1.

*Tabla 2. Balanceo de líneas para un módulo del área de costura*

Operación de costura	Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de operación (min)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Jareta</b>	Estación de jareta 1	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Montar zíper a la jareta Cortar zíper Colocar tope y carrito Pasar la pieza al siguiente operario	0.3100	2	0.1550
	Estación de jareta 2	Limpiar jareta Trasladar pieza a la línea de ensamble delantero	0.1875	1	0.1875
<b>Bolsas delanteras</b>	Estación de bolsas delanteras 1	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Hacer ruedo de bolsillo Pasar la pieza al siguiente operario	0.1433	1	0.1433
	Estación de bolsas delanteras 2	Marcar posición de bolsillo Montar bolsillo a bolsa delantera Refilar interior de bolsillo Pasar la pieza al siguiente operario	0.4250	2	0.2125
	Estación de bolsas delanteras 3	Montar bolsa delantera a manta Cerrar y sobrecoser bolsas de manta Trasladar pieza a la línea de ensamble delantero	0.6042	3	0.2014

Tabla 2 (continuación). Balanceo de líneas para un módulo del área de costura

Operación de costura	Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de operación (min)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Ensamble delantero</b>	Estación de ensamble delantero 1	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Montar manta a panel delantero Sobrecoser bolsas delanteras Pasar la pieza al siguiente operario	0.5933	3	0.1978
	Estación de ensamble delantero 2	Montar jareta a panel delantero izquierdo Montar jareta a panel delantero derecho Pasar la pieza al siguiente operario	0.6333	3	0.2111
	Estación de ensamble delantero 3	Sobrecoser jareta Cerrar tiro delantero Trasladar pieza a la línea de ensamble	0.6333	3	0.2111
<b>Cuchillas</b>	Estación de cuchillas	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Hacer costura de contención en el superior de cuchillas Cerrar cuchillas Trasladar pieza a la línea de trasero	0.6142	3	0.2047
<b>Bolsas traseras</b>	Estación de bolsas traseras 1	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Hacer bordados a bolsas traseras Pasar la pieza al siguiente operario	0.1544	1	0.1544
	Estación de bolsas traseras 2	Hacer ruedo de bolsas traseras Trasladar pieza a la línea de trasero	0.3875	2	0.1938

Tabla 2 (continuación). Balanceo de líneas para un módulo del área de costura

Operación de costura	Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de operación (min)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Ensamble trasero</b>	Estación de ensamble trasero 1	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Marcar posición de bolsas traseras Pasar la pieza al siguiente operario	0.2017	1	0.2017
	Estación de ensamble trasero 2	Montar bolsas traseras en paneles traseros Pasar la pieza al siguiente operario	0.6167	3	0.2056
	Estación de ensamble trasero 3	Montar cuchillas a paneles traseros Cerrar tiro trasero Pasar la pieza al siguiente operario	0.6333	3	0.2111
	Estación de ensamble trasero 4	Colocar atraques en bolsas traseras Trasladar pieza a la línea de ensamble	0.3333	2	0.1667
<b>Pretina</b>	Estación de pretina	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Pegar refuerzo de entretela en pretina Trasladar pieza a la línea de ensamble	0.2942	2	0.1471
<b>Pasadores</b>	Estación de pasadores	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo Refilar cinta de pasadores Cortar pasadores Trasladar piezas a la línea de ensamble	0.5989	3	0.1996

Tabla 2 (continuación). Balanceo de líneas para un módulo del área de costura

Operación de costura	Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de operación (min)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Ensamble</b>	Estación de ensamble 1	Cerrar entrepierna Pasar la pieza al siguiente operario	0.8750	4	0.2188
	Estación de ensamble 2	Colocar etiquetas internas Cerrar costados Pasar la pieza al siguiente operario	0.8667	4	0.2167
	Estación de ensamble 3	Voltear prenda Hacer atraques de refuerzo Pasar la pieza al siguiente operario	0.3667	2	0.1833
	Estación de ensamble 4	Montar pretina Cerrar cuadros de pretina Pasar la pieza al siguiente operario	0.7833	4	0.1958
	Estación de ensamble 5	Atracar pasadores Pasar la pieza al siguiente operario	0.7667	4	0.1917
	Estación de ensamble 6	Hacer ruedas inferiores Pasar la pieza al siguiente operario	0.4000	2	0.2000
	Estación de ensamble 7	Inspeccionar pieza y cortar hilos salidos Pasar la pieza al siguiente operario	0.3833	2	0.1917
	Estación de ensamble 8	Hacer ojal en pretina Colocar botón plástico en pretina Trasladar la pieza al área de pantalones rígidos	0.4000	2	0.2000

En la tabla anterior podemos observar que se ha resaltado con color rojo la estación que tiene el ritmo de producción más lento, la cual es la estación de ensamble 1, que realiza la operación de cerrar entrepierna. Esta nos definirá el ritmo de producción para los módulos de costura, el cual será de 0.2188 minutos por unidad.

○ **Acabados especiales:**

En esta parte del proceso se le da el acabado de desgaste a los pantalones, lo cual es un aspecto visual que el cliente busca en sus productos. Se comienza con un procedimiento de marcaje con tiza para ubicar la posición de las figuras a realizar y luego se trabaja artesanalmente cada prenda desgastándola con lija. Antes de proceder a desgastar el pantalón se debe aplicar jabón sobre las costuras, de forma que la lija resbale sobre ellas y no las rompa. Las figuras que se les hacen a los pantalones son:

- Whiskers: se ubican sobre la parte superior de los paneles frontales. Son líneas gruesas que se asemejan a bigotes, de manera que al tallar el pantalón de una apariencia arrugas y de uso continuo.
- Chevrons: se ubican en las entrepiernas frontales de los pantalones, entre el punto de la entrepierna y las rodillas. Tienen una figura similar a los Whiskers.
- Hand brush: es la acción de generar un desgaste sobre cualquier área de la prenda. Los pantalones llevan desgastes en zonas locales, siendo las principales la parte frontal (paneles delanteros) y la parte trasera (paneles traseros). Tiene el propósito de dar una apariencia de desgaste por el continuo uso, y se intensifica el efecto en las áreas de los muslos.

*Gráfico 17. Figuras de los acabados especiales en seco*



Como se mencionó anteriormente, el proceso se realiza de forma manual. Para ello los operarios tienen máquinas llamadas maniqués inflables, los cuales se muestran más adelante en el Gráfico 18. Estas máquinas tienen dos piernas inflables en las cuales se introduce el pantalón, para luego inflar los globos y que el pantalón quede estirado. Luego se procede a hacer el desgaste basándose en el estándar del diseño que debe llevar el pantalón.

*Gráfico 18. Maniquí para acabados especiales*



Es importante destacar que el proceso de acabados especiales en seco es bastante variable debido a que depende en su totalidad de la manualidad del operario, por lo que se debe buscar que el diseño de cada pantalón procesado sea lo más parecido posible al estándar de producción. Los clientes conocen la variabilidad del proceso, y a ellos les interesa que no todos sus pantalones sean exactamente iguales pero sin presentar variaciones muy grandes. Los críticos de calidad en este proceso son la ubicación, forma, intensidad y consistencia de las figuras. Debido a que este proceso es destructivo, es muy difícil reprocesar una prenda cuando a esta se le ha hecho un diseño que se sale de las tolerancias permitidas por el estilo. Estas piezas que no pasan la inspección de calidad se denominan segundas y se llega a una negociación con el cliente para vendérselas a un precio menor.

Aunque se ha evaluado la automatización de este proceso, no se han encontrado máquinas en el mercado que sean capaces de realizar estos acabados debido a que no logran dar la apariencia natural de desgaste por uso; esto se aprecia visualmente en el difuminado de las figuras, los cuales los operarios sí son capaces de hacer. A continuación se muestra, en el Gráfico 19, cómo luce una prenda que ha sido procesada en el área de acabados especiales.

Gráfico 19. Pantalón desgastado en acabados especiales



Para realizar el análisis del área de acabados especiales se realizó un diagrama de operaciones del proceso, donde se detallan las actividades que conforman el proceso y el tiempo que toma realizarlas, según se midió.

Gráfico 20. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de acabados especiales

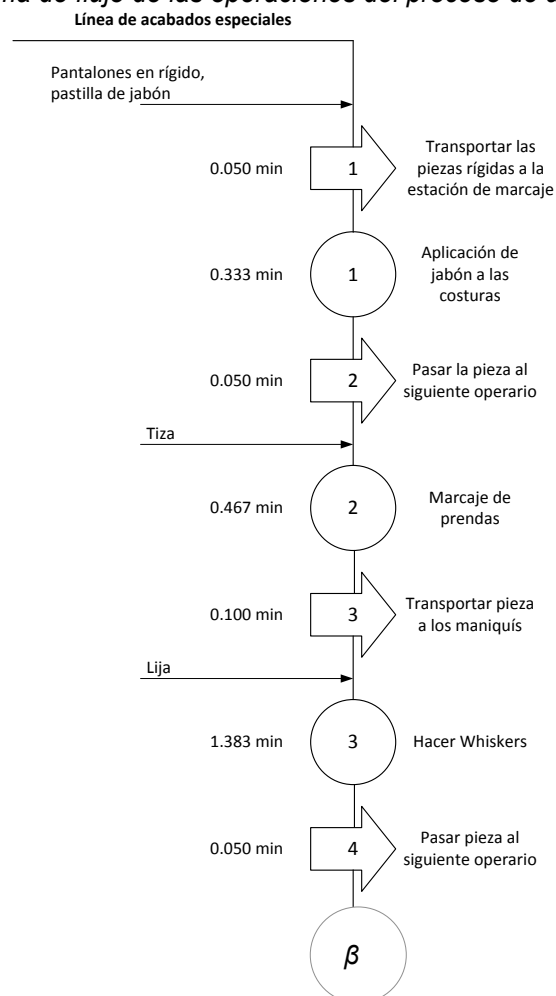
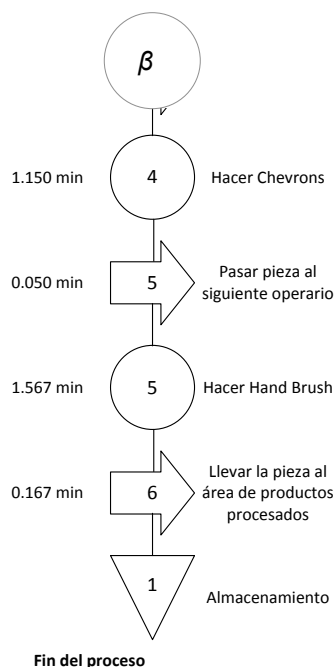


Gráfico 20 (continuación). Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de acabados especiales



### Resumen

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	5	4.900 minutos
Transporte	6	0.467 minutos
Almacenamiento	1	
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>5.367 minutos</b>

Este diagrama es para un módulo de acabados especiales, sin embargo dentro del módulo hay operaciones que se realizan en paralelo para aumentar la velocidad de producción. Para realizar el análisis y encontrar el ritmo de producción que tiene un módulo de acabados especiales se utilizó un balance de líneas, el cual se detalla a continuación en la Tabla 3. El tiempo de operación de cada estación de trabajo es la sumatoria de los tiempos de todas las actividades que se realizan en esa estación.

Tabla 3. Balance de líneas para un módulo del área de acabados especiales

Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de operación (min)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Aplicación de jabón</b>		0.433	2	0.217
	Transportar las piezas rígidas a la estación de marcaje			
	Aplicación de jabón en las costuras			
	Pasar la pieza al siguiente operario			
<b>Marcaje</b>		0.567	3	0.189
	Marcaje de prenda			
	Transportar pieza a los maniquís			
<b>Whiskers</b>		1.433	6	0.239
	Hacer whiskers			
	Pasar la pieza al siguiente operario			
<b>Chevrons</b>		1.200	5	0.240
	Hacer chevrons			
	Pasar la pieza al siguiente operario			
<b>Hand Brush</b>		1.733	7	0.248
	Hacer Hand Brush			
	Llevar la pieza al área de productos procesados			

Como se puede observar en la tabla anterior, la estación de trabajo que se tarda más tiempo en procesar una unidad es la de Hand Brush, con un valor de 0.248 minutos por unidad. Este tiempo de procesamiento se ha marcado con color rojo, ya que es el valor que definirá el ritmo de producción que tendrá un módulo de acabados especiales.

○ **Lavado:**

El proceso de lavandería consiste en tratar químicamente las prendas para darle el color, tono, textura y apariencia física a la prenda. Para realizarlo se introducen las prendas en lavadoras industriales donde se realizan las distintas reacciones químicas, que se denominan pasos de lavado. Los distintos procesos que se realizan dentro de la lavadora son:

- **Desengome:** Es un proceso químico que sirve para remover el engomante o almidón que trae la lona desde la textilera. Este engomante sirve para dar mayor resistencia mecánica a la tela para soportar todos los esfuerzos a los que se ve sometida durante su transporte, y por lo tanto debe ser removido para poder penetrar y tratar la lona.
- **Abrasión:** Se realiza para darle una apariencia de desgaste a la prenda. A diferencia del proceso de acabados especiales, este proceso es menos intenso pero trata la totalidad del pantalón. Este proceso se realiza utilizando una enzima abrasiva e

introduciendo piedra pómez a la lavadora para realizar un desgaste mecánico por fricción.

- Clorado: Se utiliza para reducir el tono del color índigo de la lona, y dar una apariencia de vejez a la prenda. Al variar la concentración utilizada se pueden obtener distintos tonos, pero la prenda perderá resistencia al verse sometida a una concentración muy alta de cloro.
- Reductor: Se utiliza para hacer una reacción de oxidación a la lona y darle un acabado de antigüedad a sus propiedades físicas y visuales.
- Tinte: Se le agrega tinte a las prendas para cambiar el color de los pantalones, aunque siempre predominará el color índigo de la lona. Con los tintes se pueden hacer mezclas para alcanzar distintos colores, como por ejemplo azul-rojizo, ocre, verduzco, entre otros.
- Fijador: Este proceso químico se realiza para dar por finalizado el tratamiento de lavado, pues cierra las fibras de la lona para que no pierdan sus atributos al lavarse de nuevo, o cuando el cliente lave su pantalón en su hogar.
- Suavizado: Se le agrega suavizante para dar la textura física de suavidad.
- Neutralizado: Se realiza entre los pasos de lavado para neutralizar el pH de la lavadora. Esto es muy importante ya que hay químicos que sólo reaccionan en un pH determinado, mientras que otros pueden tener reacciones químicas violentas si se operan en este pH.
- Enjuagues: Se realizan entre los pasos de lavado para limpiar con agua las prendas y remover los químicos utilizados para dar lugar a un nuevo proceso químico.

En el área de lavado los operarios trabajan por lotes de prendas, los cuales luego de ser lavados son introducidos a una centrífuga extractora, para después ser introducidos a las secadoras industriales. Las extractoras centrífugas sirven para remover la mayor cantidad de agua posible de las prendas lavadas, pero no pueden secarlas por completo pues hay partículas de agua que se han enlazado químicamente a las fibras de la tela. Para romper dichos enlaces y eliminar por completo el agua se le agrega energía en forma térmica por medio de las secadoras. Las capacidades de las lavadoras son de 220 prendas, al igual que las secadoras. En cambio las centrífugas sólo pueden operar con la mitad.

El área de lavandería está ilustrada en el Gráfico 23, que se encuentra en la página 36, el cual muestra una vista en planta del espacio y de la distribución de las máquinas. Se cuenta con 4 lavadoras, 2 extractoras centrífugas y 2 secadoras. Las instalaciones de la planta cuentan con desagües en todo el contorno del área, como se ilustra en dicho gráfico.

Gráfico 21. Maquinaria del área de lavado



El proceso comienza al recibir un lote de prendas desgastadas, proveniente del proceso anterior de acabados especiales. Dicho lote se encuentra en el área de producto y va acompañado de una fórmula de lavado, la cual es una hoja que contiene las instrucciones y el detalle de los químicos a utilizar y sus concentraciones. Para el proceso de lavado se debe controlar la temperatura a la que llevará a cabo cada paso de lavado, pues esta es muy importante para que se lleve a cabo la reacción de forma exitosa. También se debe tener mucho cuidado de no dejar sumergidas las prendas en reposo por mucho tiempo, pues el color índigo que se desprende de la lona se puede redepositar en las prendas causando manchas. Los nombres de los químicos utilizados en cada paso de lavado, cantidades, concentraciones y temperaturas son omitidos por motivos de confidencialidad de la empresa.

El siguiente paso en el proceso es transportar las prendas a la lavadora que se le indique al operario. El lote de producto se encuentra en una canasta grande con llantas que sirve para transportar los pantalones. Luego el operario procede a introducir las prendas a la lavadora, y al finalizar la carga procede a activar la máquina.

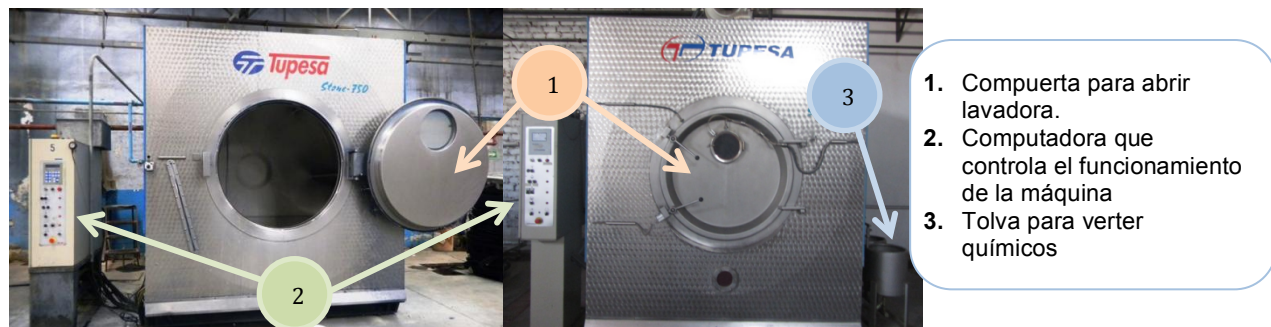
Las lavadoras industriales poseen una computadora que se encarga de la operación, llevando el tiempo y regulando las temperaturas para los pasos de lavado. Gracias a una programación previa de las computadoras, los operarios no deben hacer nada más que activar la lavadora.

Las actividades que conforman los pasos de lavado se componen de la siguiente manera:

1. El operario activa la máquina.
2. La máquina se llena de agua.
3. Al estar llena de agua, la lavadora comienza a funcionar automáticamente.
4. Al iniciar a funcionar, el operario vierte los químicos en la tolva.
5. Cuando termina el tiempo, la máquina se detiene automáticamente.
6. La máquina vacía el agua.
7. Si sigue un paso de Enjuague, la máquina lo realiza automáticamente.

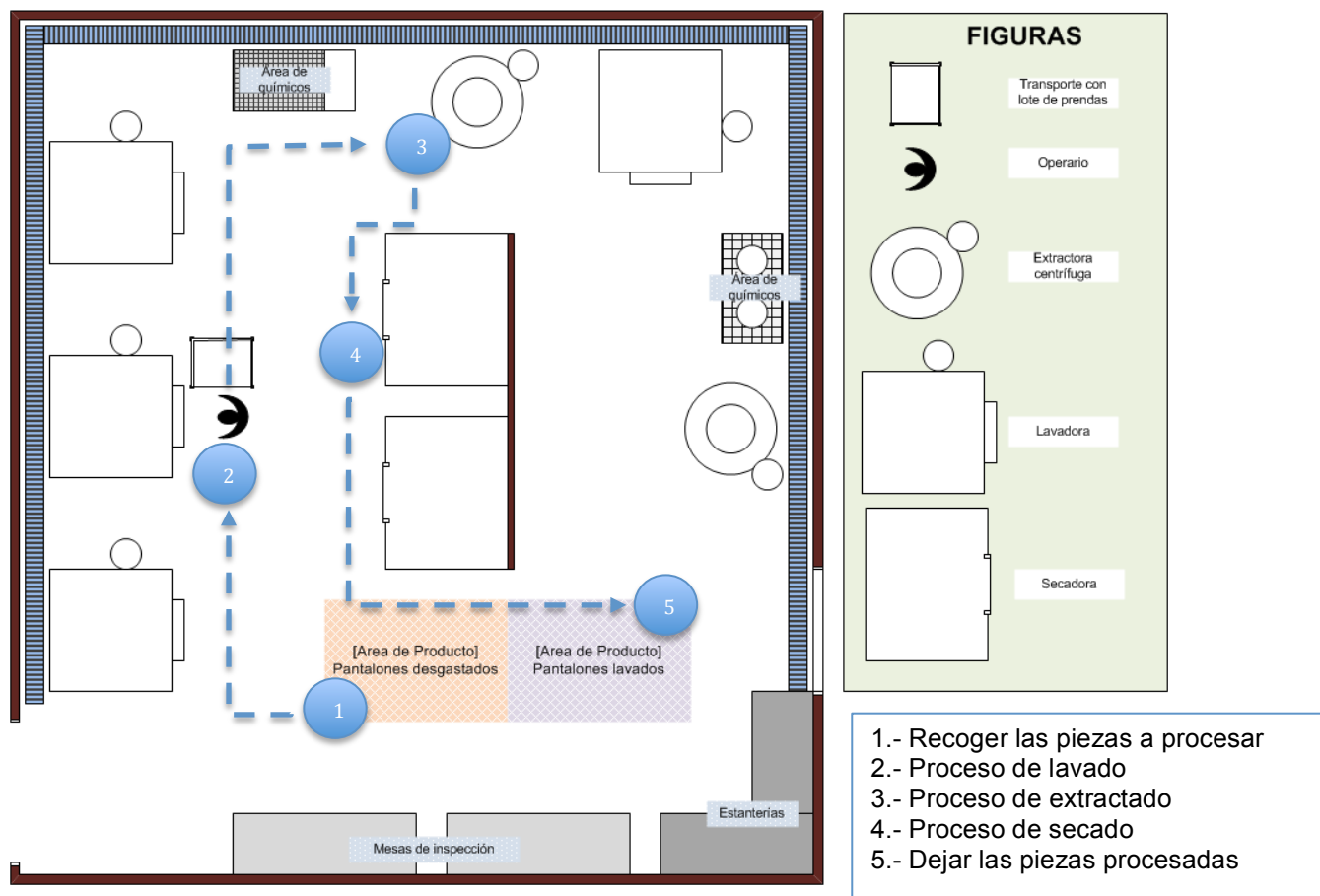
Al terminar, la máquina queda a la espera de que el operario vuelva a activarla para así continuar con el siguiente paso de lavado.

Gráfico 22. Partes de una lavadora industrial



A continuación se muestra el diagrama del recorrido que se realiza en el proceso del área de lavandería.

Gráfico 23. Diagrama de recorrido para el área de lavandería



El detalle de las operaciones del proceso de lavado se encuentra en la tabla 4, junto con el tiempo en minutos que toma cada operación. Los tiempos de las operaciones de carga y descarga se midieron utilizando un cronómetro, al igual que los tiempos de transporte. Por otro lado el resto de operaciones se realizan automáticamente por la lavadora, con los tiempos programados.

Para facilitar la lectura de la tabla se identificaron con colores las operaciones para agruparlas según su función; los transportes están identificados con el color amarillo, los llenados de la lavadora con agua son de color celeste, los vaciados son de color azul, y el resto de operaciones son verdes.

*Tabla 4. Operaciones del proceso de lavado*

<b>Descripción de la operación</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Transporte de pantalones a la lavadora	1.33
Cargar las prendas a la lavadora	1.75
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de desengome	10
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de abrasión	20
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de clorado	10
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de neutralizado	5
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25

Tabla 4 (continuación). Operaciones del proceso de lavado

Descripción de la operación	Tiempo (min)
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de reductor	8
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de tinte	8
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de agotamiento y fijador	8
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Enjuague/Rinse	2
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Llenar de agua la lavadora	0.25
Operación de suavizado	10
Vaciar el agua de la lavadora	0.25
Descargar las prendas de la lavadora	3
Transporte al área de extractado	0.67
<b>TOTAL</b>	<b>107.25</b>

Con la tabla anterior se puede definir un tiempo teórico de 107.25 minutos que debería durar la operación de lavado, sin embargo se encontró que el tiempo total que dura una operación de lavado en la empresa era mayor debido a que existían tiempos muertos dentro del proceso. Estos tiempos muertos son intervalos de tiempo donde el proceso se queda detenido por algún retraso, lo cual hace que el procesamiento del producto sea más tardado.

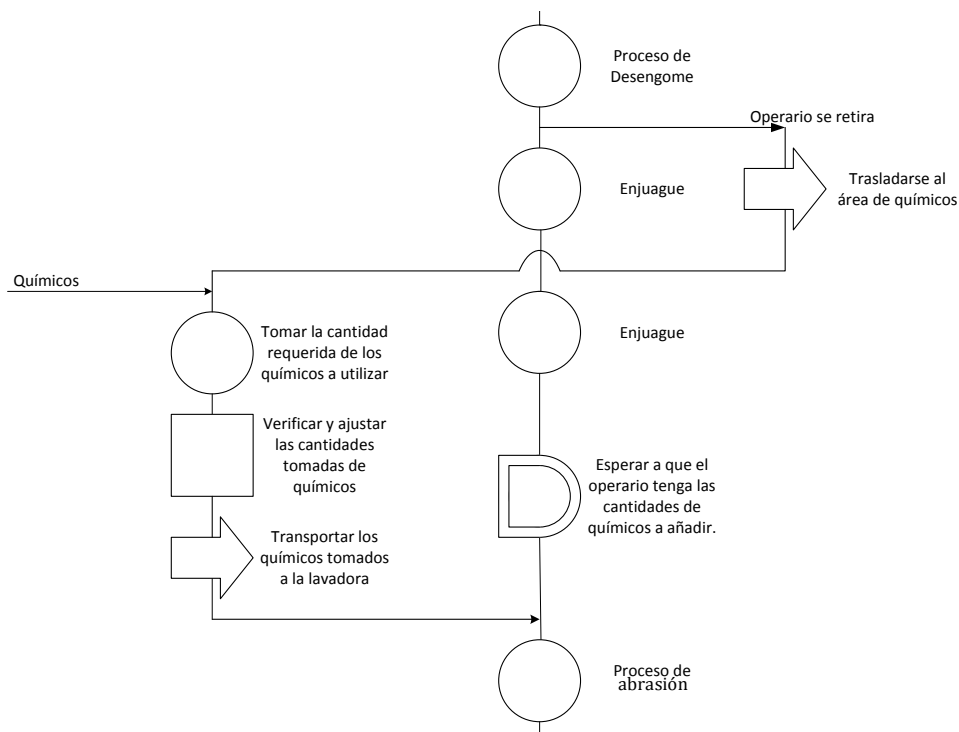
Al observar detenidamente la forma de operar de los trabajadores se encontró que los tiempos muertos ocurrían cuando un paso de lavado terminaba y dejaban la máquina para ir a traer los químicos que necesitaban para el siguiente paso. La razón por la que operan de esta manera es que, por políticas de seguridad y calidad en la empresa, las lavadoras no se pueden dejar desatendidas; el operario debe permanecer con la lavadora mientras opera para vigilar que se estén llevando a cabo correctamente las reacciones químicas. Este control del estado del proceso se puede hacer debido a que las lavadoras tienen una ventana en la compuerta que permite tener indicios visuales del estado de la reacción, como el color de la solución química en

el lavado, y además puede detectar si ocurriesen anomalías durante el proceso y prevenir accidentes, al cuidar principalmente las temperaturas de las máquinas. El operario aprovecha el tiempo del paso de lavado para llenar papelería de los controles de calidad y registros de las operaciones del lote que está procesando. Esto provoca que al terminar un paso de lavado, el operario deja en espera la lavadora mientras va a traer al área de químicos aquellos materiales que necesitará para continuar con su lavado. Además, por políticas de la empresa se debe evitar tener mezclas de químicos preparados si no se van a utilizar, debido al riesgo que representa trabajar con químicos.

Dichas operaciones para obtener los químicos para el siguiente paso de lavado se pueden observar en el Gráfico 24, que se encuentra en la página 40. Este generaliza lo que ocurre al terminar un paso de lavado; el operario deja la máquina para ir a recoger los químicos, los cuales requieren de tiempo para medir y obtener las cantidades específicas que indican la fórmula de lavado. Esta actividad ocurre para los distintos pasos de lavado, donde los operarios esperan a que comience el proceso de enjuague para retirarse, ya que este proceso no requiere que el operario este atendiéndolo. Es importante destacar que en el Gráfico 24 muestra sólo un extracto del diagrama de operaciones del proceso de lavado, donde se representa con líneas saliendo hacia la derecha las salidas de recursos o materiales del sistema, y con líneas que entran desde la izquierda los ingresos de recursos o materiales al sistema; en este caso se toma al operario como un recurso del proceso de lavado. El diagrama de operaciones del proceso de lavandería completo se muestra más adelante en el Gráfico 26.

Gráfico 24. Diagrama de flujo del proceso de recoger químicos

**Diagrama de Operaciones del proceso de lavado  
(extracto de sólo un paso de lavado)**  
Interacción entre el proceso de lavado y las actividades del operario  
para recoger químicos



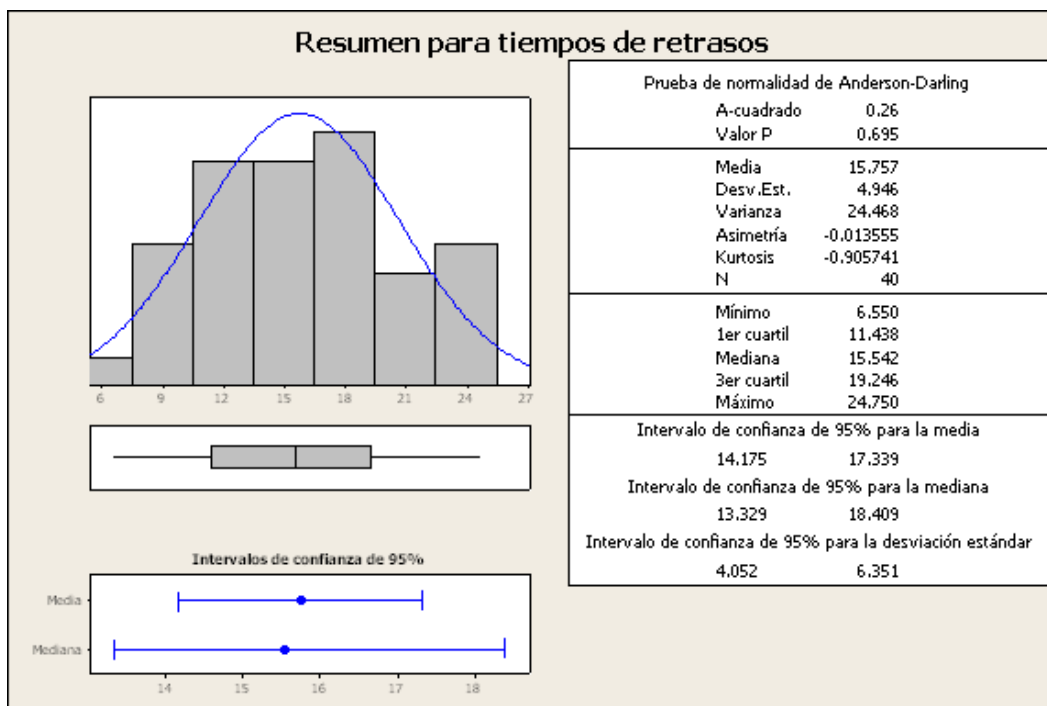
Es importante destacar que el Gráfico 24 se utiliza solamente para representar las actividades que causan las demoras en el proceso de lavandería, y mostrar un ejemplo de las actividades que conforman el retraso de ir a traer químicos en un paso de lavado. Además en el diagrama anterior no se muestra un cuadro resumen con las duraciones de las operaciones porque, como se mencionó anteriormente, son muy variables y se tuvo que analizarlas de una manera distinta para completar el análisis del proceso.

Para definir el tiempo de las demoras en el proceso se realizó una medición de los tiempos totales de los procesos de lavado, donde se observó mucha variabilidad entre los tiempos muertos por cada operario. Debido a que los trabajadores tardan distintos tiempos en obtener los químicos medirlos y ajustar las cantidades, se decidió medir el tiempo total que se tomaban para terminar la fórmula. Luego, como se definió anteriormente en la Tabla 4 que el tiempo de lavado debía ser de 107.25 min, se restó cada tiempo medido con el establecido y se analizaron las diferencias.

Para obtener suficientes datos que representaran los tiempos de producción se registraron 40 mediciones, las cuales se tomaron aleatoriamente en dos días de producción. La tabla con las mediciones se encuentra en el Anexo 2.

El análisis de los resultados se hizo utilizando la herramienta del software Minitab, evaluando a un nivel de confianza del  $\alpha = 95\%$ . Los resultados muestran una media de 15.757 minutos de retrasos, con una desviación estándar de 4.946. La prueba de normalidad dio un resultado para el valor de  $P=0.695$ . Ya que el Valor  $P > \alpha$ , se concluye que no se rechaza la hipótesis nula, y que nuestra población puede ser modelada como una distribución normal con media de 15.757 minutos. Dichos resultados para los tiempos medidos iniciales en lavandería se muestran en el Gráfico 25.

Gráfico 25. Análisis de los retrasos medidos en el área de lavandería



Por último se realizó el diagrama de operaciones del proceso de lavandería donde se identificaron 7 puntos donde ocurren demoras. El tiempo estimado para estas demoras se calculó dividiendo los 17.76 minutos calculados anteriormente entre los 7 pasos, para obtener un promedio de 2.25 minutos por cada demora.

Gráfico 26. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de lavado

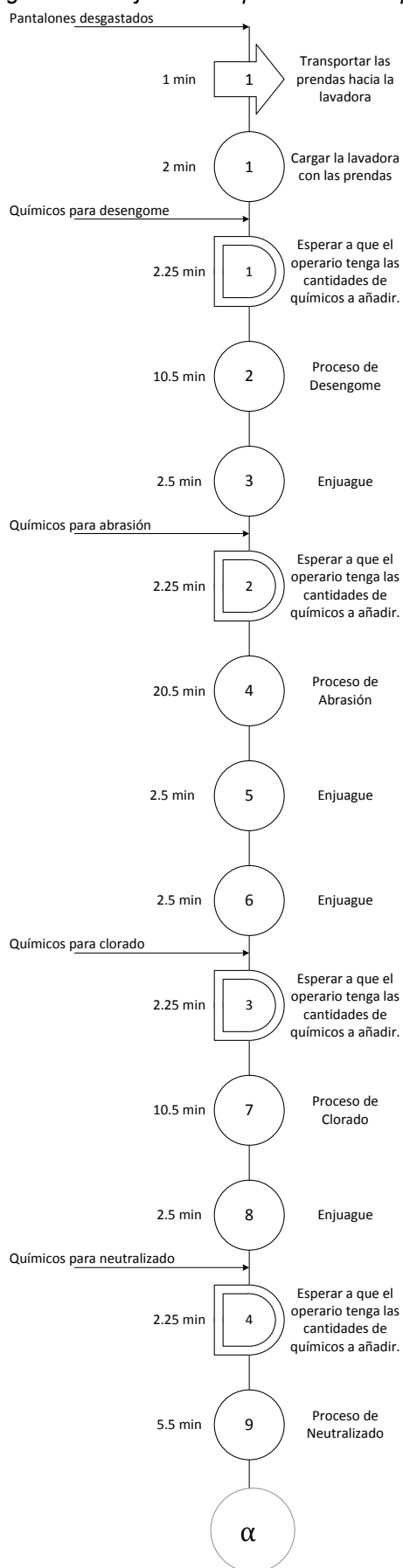


Gráfico 26 (continuación). Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de lavado

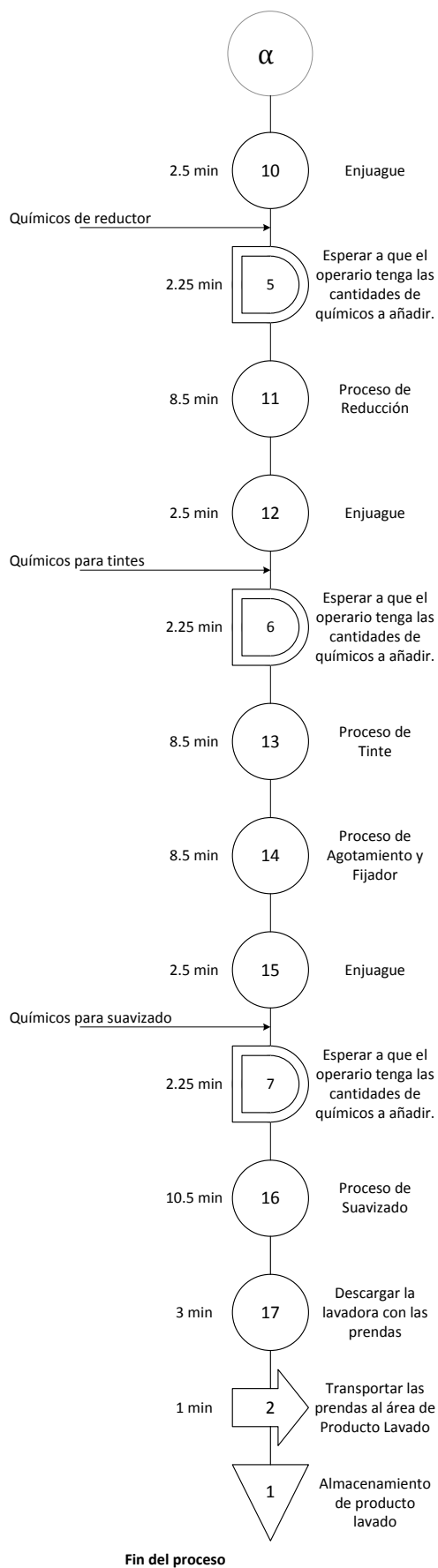


Gráfico 26 (continuación). Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de lavado

#### RESUMEN

Actividad	Cantidad	Tiempo total
Operación	17	105.25 minutos
Transporte	2	2.00 minutos
Demora	7	15.76 minutos
Almacenamiento	1	
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>123.01 minutos</b>

Con lo anterior se define entonces un tiempo de 123.01 minutos para procesar un lote de 220 prendas en una lavadora.

Además, como se mencionó anteriormente, en el proceso de lavandería hay otras operaciones de extractado, secado y volteado de prendas. La operación de volteado de prendas se realiza al finalizar el proceso de secado, para lo cual se tiene un módulo que se encarga de voltear las prendas. Para ello utilizan una succionadora que es operada por un trabajador. El proceso se puede observar en el Gráfico 27.

Gráfico 27. Volteo de prendas



Los tiempos de las demás operaciones se detallan a continuación en la Tabla 5, que muestra el detalle de las operaciones que conforman cada etapa del proceso del área de lavandería.

Tabla 5. Operaciones del área de lavandería

Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de las operaciones (min)	Tiempo total de la etapa proceso (min)	Cantidad de unidades procesadas por operación	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Lavado</b>			123.0	220	0.559
	<i>Detalladas anteriormente</i>				
<b>Extractado</b>			23.0	110	0.209
	Introducir prendas a la centrífuga	4.5			
	Tiempo de extractado	15.0			
	Descargar prendas de la centrífuga	3.5			
<b>Secado</b>			53.0	220	0.241
	Introducir prendas a la secadora	4.0			
	Tiempo de secado	45.0			
	Descargar prendas de la secadora	4.0			
<b>Volteado de prendas</b>			0.2667	1	0.267

○ **Acabados de presentación:**

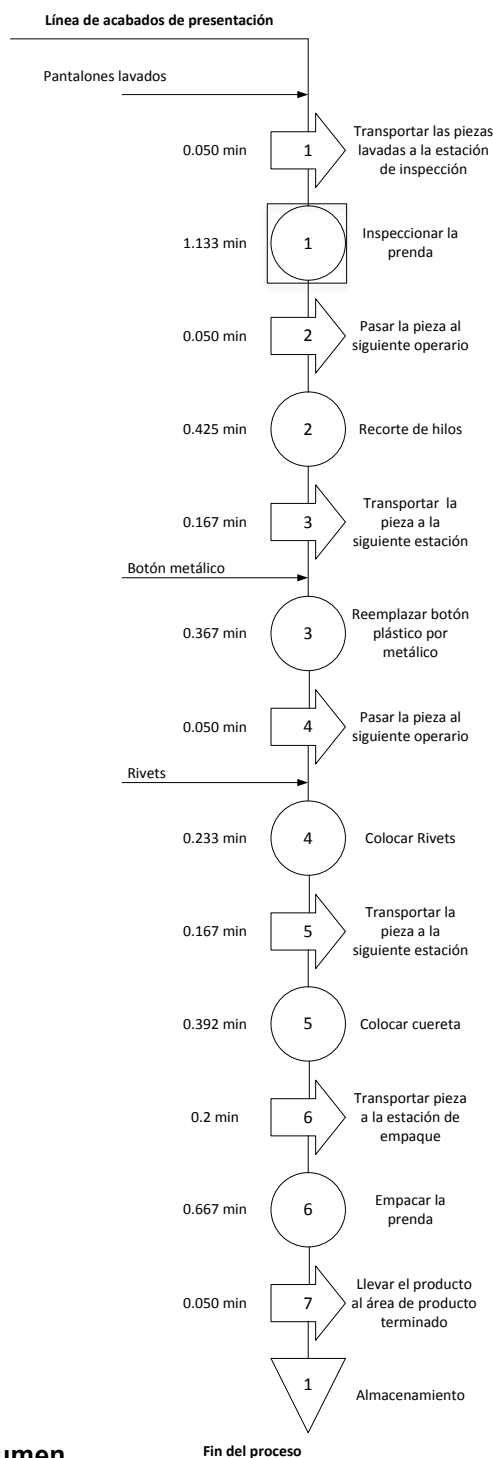
En esta última etapa se lleva a cabo la inspección de la prenda, se recortan los hilos salidos, se reemplaza el botón plástico por el metálico, se agrega el resto de los accesorios metálicos y la cuereta y se empaca el producto para su entrega al cliente.

Gráfico 28. Pantalón terminado



Para el análisis del proceso de acabados de presentación se realizó un diagrama de operaciones del proceso, que se puede observar en el Gráfico 29.

Gráfico 29. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso de acabados de presentación

**Resumen**

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	6	3.216 minutos
Transporte	7	0.733 minutos
Inspección	1	-
Almacenamiento	1	-
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>3.900 minutos</b>

Al igual que en las demás áreas, hay operaciones que se realizan en paralelo para poder aumentar la velocidad de producción de los módulos. En la Tabla 6 se presenta el balance de una línea del área de acabados de presentación.

*Tabla 6. Balance de línea para el área de acabados de presentación*

Estación de trabajo	Descripción de las operaciones	Tiempo de operación (min)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción (min/unidad)
<b>Inspección de la prenda</b>		1.233	8	0.154
	Transportar las piezas lavadas a la estación de inspección			
	Inspeccionar la prenda			
	Pasar la pieza al siguiente operario			
<b>Recorte de hilos</b>		0.592	4	0.148
	Recortar hilos salidos			
	Transportar la pieza al área de accesorios			
<b>Colocar botón metálico</b>		0.417	3	0.139
	Reemplazar botón plástico por metálico			
	Pasar la pieza al siguiente operario			
<b>Colocar rivets</b>		0.400	3	0.133
	Colocar rivets			
	Pasar la pieza al siguiente operario			
<b>Colocar cuereta</b>		0.592	4	0.148
	Colocar cuereta			
	Llevar la pieza al área de empaque			
<b>Empaque</b>		0.717	5	0.143
	Empacar la prenda			
	Llevar la pieza al área de producto terminado			

En la tabla anterior podemos observar que la estación de trabajo más lenta es la de inspección de la prenda, pues tiene un tiempo de procesamiento de 0.154 minutos por unidad. Es esta la que define entonces el ritmo de producción que tendrá un módulo del área de acabados de presentación.

## B. Capacidad de producción de cada área

Para calcular la capacidad de producción de cada área se tomó el tiempo de producción de cada proceso, definido anteriormente, y se determinó cuántas unidades sería capaz de procesar cada área en base a la cantidad de recursos disponibles que tiene.

- **Corte:**

En el área de corte se definió una capacidad de procesar 1680 unidades en 98 minutos por cada mesa de corte, con lo cual se obtiene un tiempo de 0.0583 minutos por unidad. En la empresa se cuentan con 2 mesas de corte. La capacidad del área de corte se encuentra en la Tabla 8.

- **Costura:**

Para el área de costura se encontró, en base al balance de líneas de la Tabla 2, que un módulo de costura tiene un tiempo de procesamiento de 0.2188 minutos por unidad. La empresa tiene 7 módulos de costura, que trabajan por separado por motivos de trazabilidad de las órdenes de producción. La capacidad de producción de esta área se encuentra en la Tabla 8.

- **Acabados especiales:**

En la Tabla 3 se determinó que el tiempo de procesamiento de una pieza en el área de acabados especiales es de 0.248 minutos, por cada módulo. La empresa cuenta con 8 módulos en esta área, que al igual que en el área de costura, trabajan por separado. En la Tabla 8 se encuentra la capacidad de producción para el área de acabados especiales.

- **Lavandería**

El área de lavandería no trabaja por módulos como las otras áreas, sino que los recursos con los que ésta cuenta son maquinaria, con la cual definirá su capacidad de producción. Como se había mencionado anteriormente, en esta área hay 4 etapas que son lavado, extractado, secado y volteo de prendas. En la planta se cuenta con 4 lavadoras, 2 extractoras centrífugas y 2 secadoras, además del módulo de volteo de prendas que realiza 9 operaciones en simultáneo. A continuación en la Tabla 7 se muestra cómo se determina la capacidad de producción en el área de lavandería, al estimar cuántas piezas podría procesar a la semana. Es muy importante mencionar que el área de lavandería trabaja 24 horas al día, los 7 días de la semana, con excepción del módulo de volteo de prendas que trabaja solamente 44 horas a la semana al igual que el resto de áreas.

Tabla 7. Determinación de la capacidad de producción del área de lavandería

Proceso	Tiempo de operación (min/unidad)	Operaciones simultáneas	Tiempo de procesamiento (min/unidad)	Tiempo disponible a la semana	Capacidad de producción semanal (unidades)
Lavado	0.5591	4	0.1398	10,080 min (168 hrs)	72,111
Extractado	0.2091	2	0.1045	10,080 min (168 hrs)	96,417
Secado	0.2409	2	0.1205	10,080 min (168 hrs)	83,683
Volteo de prendas	0.2667	9	0.0296	2,640 min (44 hrs)	89,100

Como se puede observar en la tabla anterior, la operación que tiene la menor capacidad de producción es la del proceso de lavado, con 72,111 unidades a la semana. Con esto se define la capacidad de producción del área de Lavandería, que la dicta su proceso crítico que es el de lavado, ya que tiene la menor capacidad de producción.

○ **Acabados de presentación:**

En el balance de líneas del proceso de acabados de presentación, que se encuentra en la Tabla 6 de la página 47, se determinó que el ritmo de producción que tendría un módulo de esta área sería de 0.154 minutos por unidad. La empresa cuenta con 5 líneas que realizan el proceso de acabados de presentación en paralelo. En la Tabla 8 se encuentra la capacidad de producción para esta área.

Tabla 8. Determinación de la capacidad de producción por semana de cada área

Área	Tiempo por operación (min/unidad)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción del área (min/unidad)	Tiempo disponible a la semana	Capacidad de producción semanal
Corte	0.0583	2	0.0292	2,640 min (44 hrs)	90,514
Costura	0.2188	7	0.0313	2,640 min (44 hrs)	84,480
Acabados especiales	0.2476	8	0.0310	2,640 min (44 hrs)	85,292
Lavandería (proceso de lavado)	0.5591	4	0.1398	10,080 min (168 hrs)	72,111
Acabados de presentación	0.1542	5	0.0308	2,640 min (44 hrs)	85,622

En la tabla anterior podemos observar que el proceso que tiene la menor capacidad de producción es el de lavandería, con 72,111 unidades a la semana. Es entonces que así se define la capacidad productiva de la planta, restringida por su proceso crítico que tiene la menor capacidad de producción. Con ello se definirá el indicador parcial de productividad de la planta de la siguiente manera:

$$\text{Productividad de la planta: } \frac{72,111 \text{ pantalones}}{1 \text{ semana}} = 72,111 \text{ pantalones por semana}$$

### C. Indicadores actuales de calidad

La empresa cuenta con un indicador de calidad, el cual se obtiene semanalmente dividiendo el número de unidades no conformes dentro del total de unidades producidas en la semana, según la planificación de la producción. En la Tabla 9 se muestra el indicador de calidad que ha tenido la empresa durante las últimas 4 semanas. Para propósitos de este trabajo las semanas han sido numeradas a partir del número 1, de manera que se puedan referenciar de manera más fácil. Además en la Tabla 9 se detalla cuántas unidades no conformes se han obtenido por cada área.

Tabla 9. Indicadores de calidad de la empresa

<b>Unidades no conformes</b>				
<b>Área</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
<b>Corte</b>	65	88	61	24
<b>Costura</b>	1,465	1,877	1,336	1,722
<b>Acabados especiales</b>	6,083	5,792	5,518	6,694
<b>Lavandería</b>	2,293	1,833	2,268	2,234
<b>Acabados de presentación</b>	712	893	903	865
<b>Total</b>	<b>10,618</b>	<b>10,483</b>	<b>10,086</b>	<b>11,539</b>
<b>Unidades producidas</b>	72,039	72,081	71,924	72,028
<b>Índice de calidad</b>	<b>85.26%</b>	<b>85.46%</b>	<b>85.98%</b>	<b>83.98%</b>

## V. DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS CRÍTICOS

Según lo establecido en la sección anterior de análisis del proceso de manufactura, se establecerán los puntos en donde se debe enfocar para cumplir con los objetivos del trabajo.

### A. Capacidad de producción

En la Tabla 8, que se encuentra en la página 50, se determinó la capacidad de producción semanal que tiene cada área de la empresa. Ya que se tiene planteado un objetivo de aumentar en 5% dicha capacidad productiva se procedió a hacer un análisis del tiempo takt. Éste se calcula dividiendo la demanda entre el tiempo disponible, para obtener un valor de cuánto tiempo debería durar la operación de nuestro proceso; si el tiempo actual de nuestro proceso es menor que el tiempo takt entonces sí se estaría en la capacidad de cumplir dicha demanda, pero si se encuentra por arriba entonces se deben aplicar mejoras de tiempo para ese proceso. La demanda en nuestro cálculo sería la nueva capacidad requerida de producción, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad de producción requerida} = (\text{Capacidad de producción actual}) \times (1 + \% \text{ de mejora})$$

$$\text{Capacidad de producción requerida} = 72,111 \times (1 + 0.05) = 75,717 \text{ unidades/semana}$$

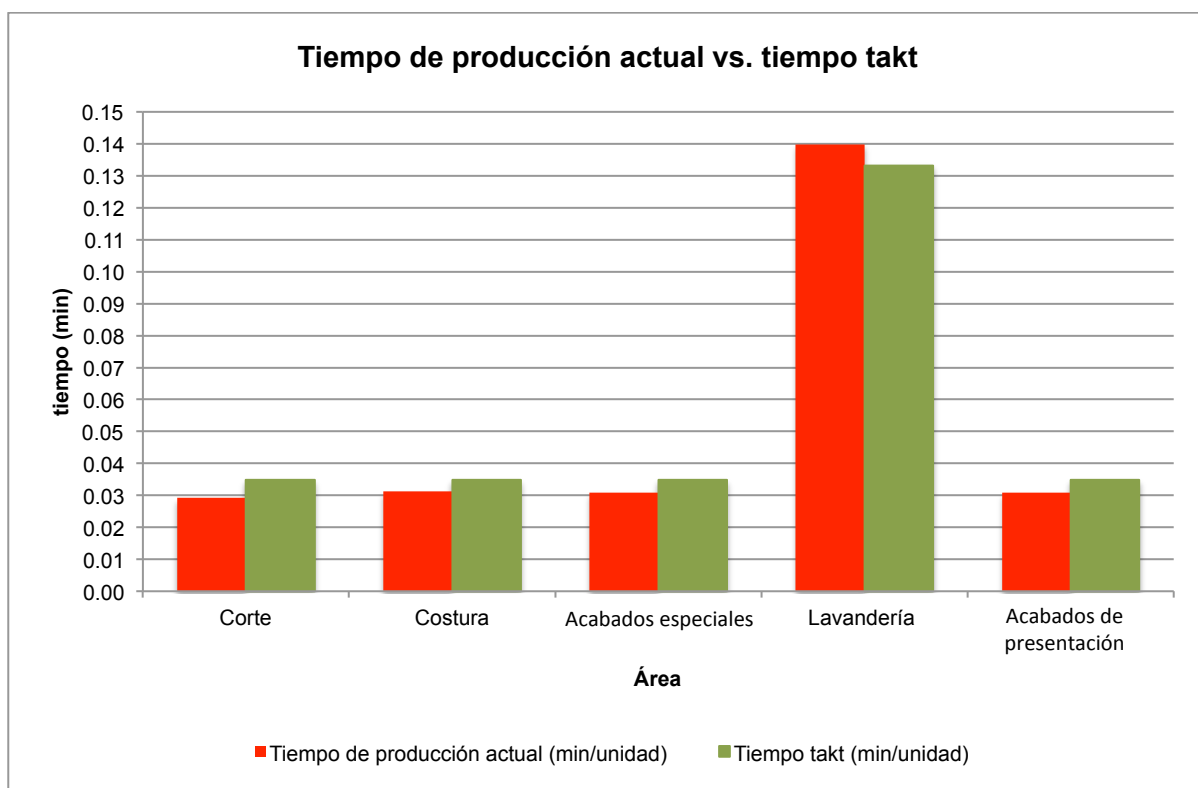
Ya que en la empresa hay áreas que tienen distintos valores de tiempo disponible a la semana, se calcula un tiempo takt para cada área, el cual se puede observar a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Tiempo takt para cada área vs. tiempo actual de producción

Área	Capacidad semanal requerida	Tiempo disponible a la semana (min)	Tiempo takt (min/unidad)	Tiempo de producción actual (min/unidad)
Corte	75,717	2,640	0.0349	0.0292
Costura	75,717	2,640	0.0349	0.0313
Acabados especiales	75,717	2,640	0.0349	0.0310
Lavandería	75,717	10,080	0.1331	0.1398
Acabados de presentación	75,717	2,640	0.0349	0.0308

Como se puede observar, sólo el área de lavandería tiene un tiempo de producción actual mayor al tiempo takt. Es decir que el resto de áreas sí está en la capacidad de poder cumplir con una producción que sea un 5% mayor a la actual. En el Gráfico 30 se muestra la comparación de manera visual de el tiempo actual de producción y el tiempo takt, donde se aprecia que sólo el área de lavandería supera al tiempo takt.

Gráfico 30. Comparación entre el tiempo de producción actual y el tiempo takt

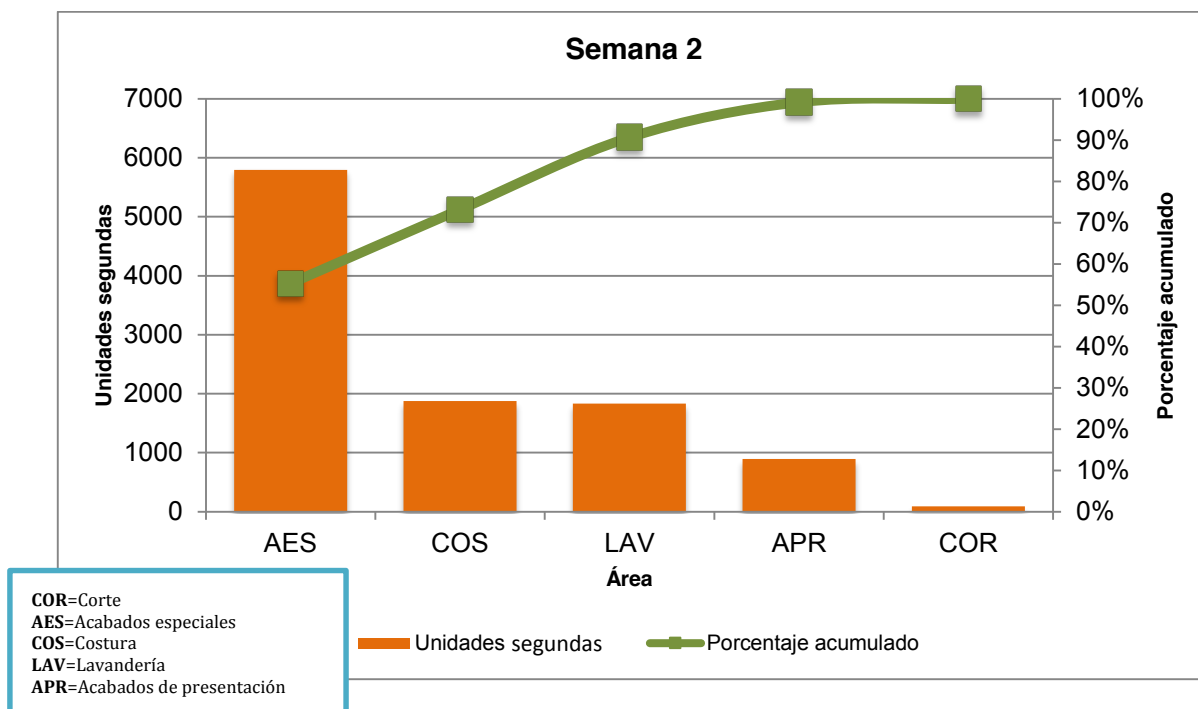
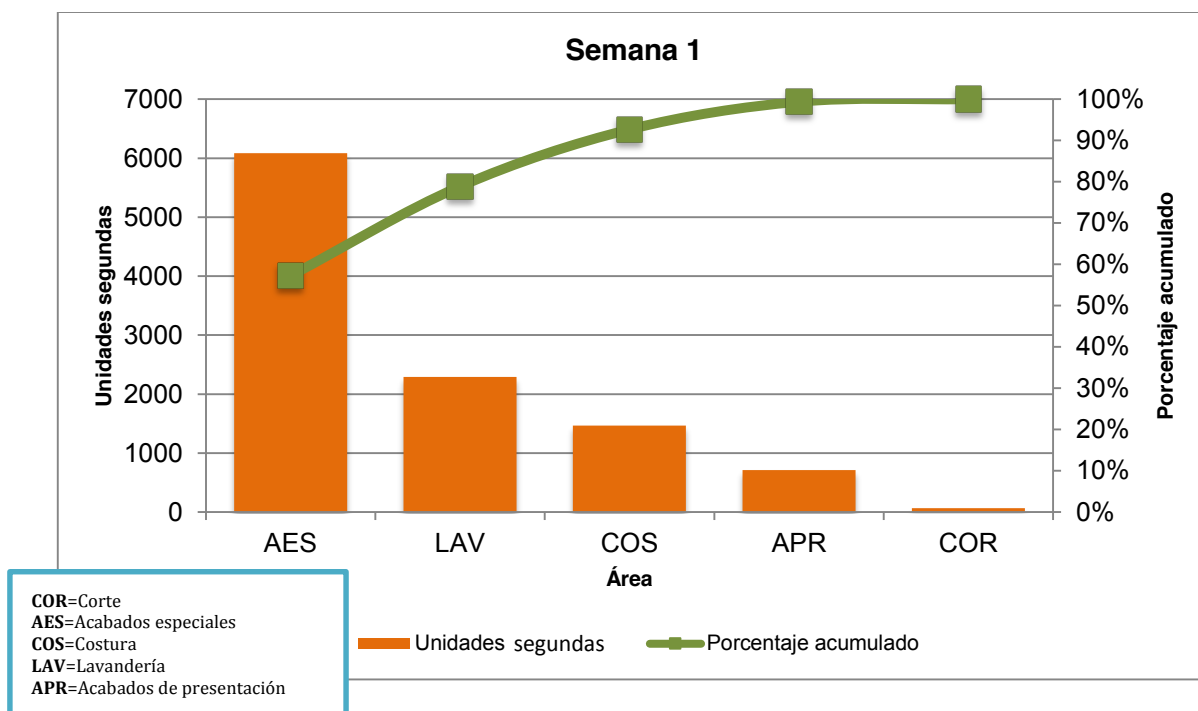


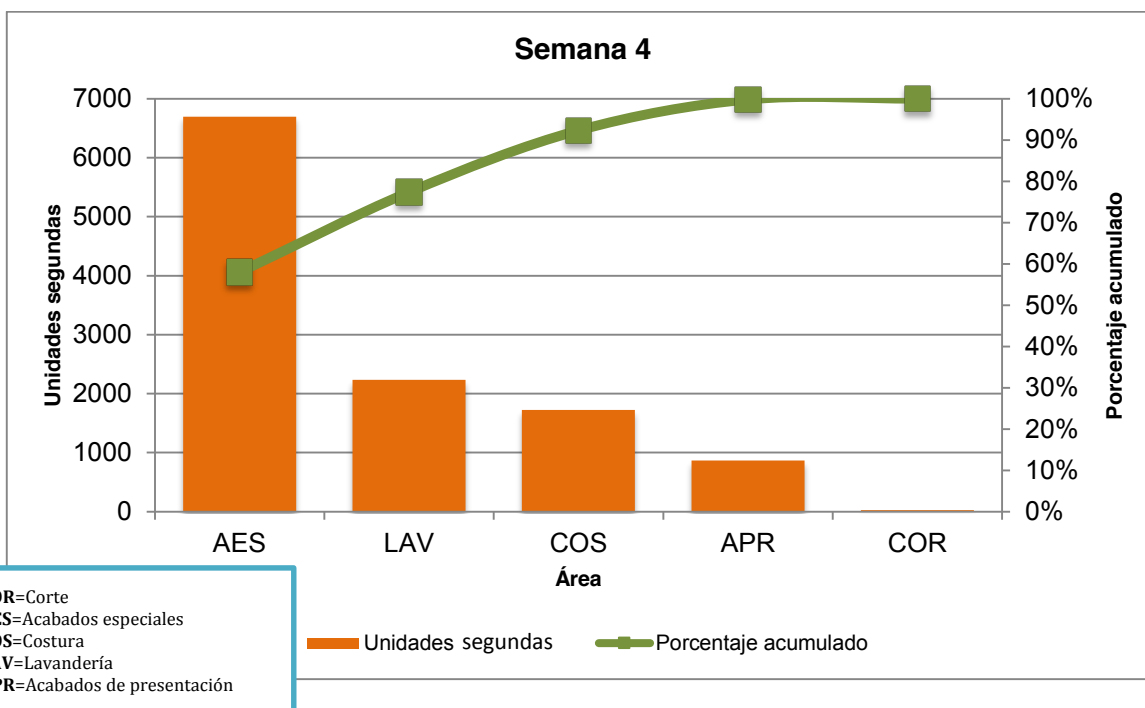
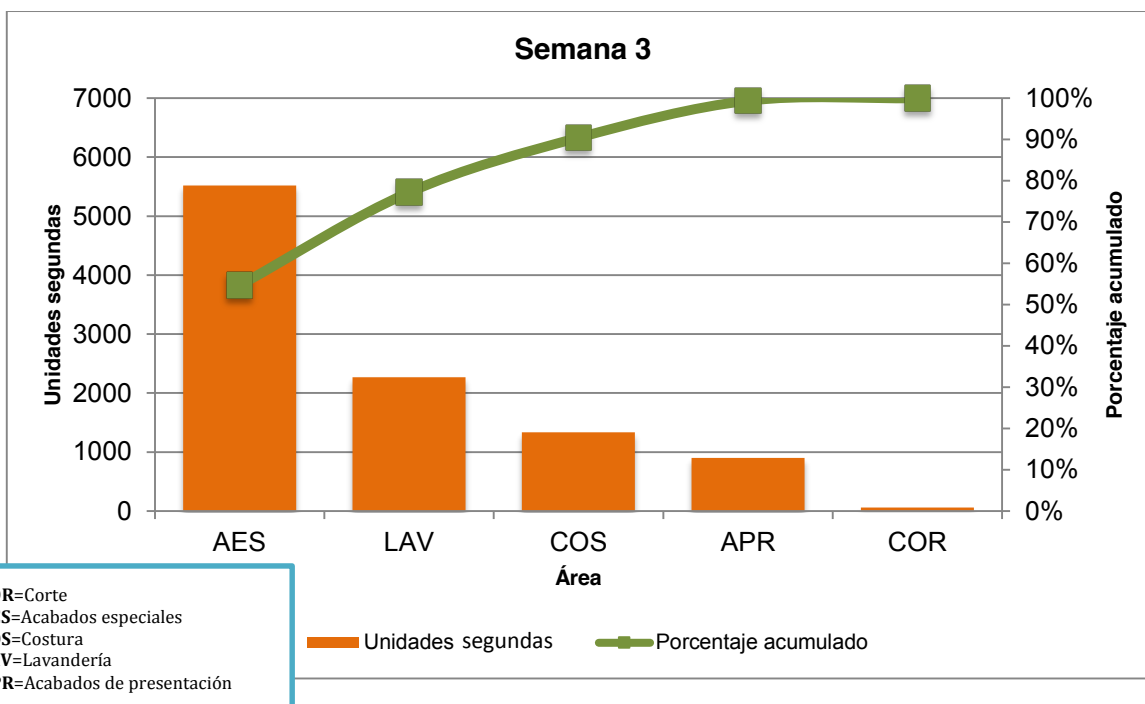
Con los resultados mostrados anteriormente en el Gráfico 30 y la Tabla 10, se establece que se buscarán mejoras para el área de lavandería, ya que al mejorar esta área se tiene la oportunidad de cumplir con el objetivo de aumentar la capacidad de producción en un 5%.

## B. Calidad

En la Tabla 9, que se encuentra en la página 51, se encuentran los valores de unidades no conformes por áreas para últimas 4 semanas de la empresa. Para buscar en qué áreas nos enfocaríamos se analizó con gráficos de Pareto en donde se encontraban concentradas la mayor cantidad de piezas no conformes. A continuación se muestra el Gráfico 31 muestra los 4 diagramas de Pareto para estas semanas.

Gráfico 31. Diagramas de Pareto de unidades no conformes de las últimas 4 semanas





Como se pudo observar en los diagramas de Pareto, el área de acabados especiales es la principal causa de unidades no conformes en todas semanas. Por ello se establece que se buscarán mejoras para esta área que ayuden a disminuir la cantidad de piezas no conformes y aumentar el indicador de calidad semanal.

## VI. MEJORAS DE PROCESOS

En esta sección se detallan las mejoras de los procesos definidos como críticos en la sección anterior, donde se busca alcanzar un objetivo de mejora del 5%. Tanto para las mejoras en la capacidad de producción, como en las de calidad se realizaron propuestas en base al análisis realizado, que luego fueron implementadas para medir el impacto logrado.

### A. Capacidad de producción

Se definió en la sección anterior que se trabajaría en el área de lavandería, ya que es el cuello de botella porque la que tiene menor capacidad de producción, y por lo tanto una mejora en esta área tendría un impacto directo en todo el proceso productivo de la empresa. En la página 33 se encuentra todo el detalle de las operaciones que se llevan a cabo en esta área, donde al final se determinó que existe un promedio de 15.757 minutos de tiempo muerto en las lavadoras, las cuales son el recurso crítico del área de lavandería.

**1. Propuestas de mejora.** En el Diagrama 24, que se encuentra en la página 40, se observa que los tiempos muertos ocurrían porque el operario se tenía que retirar de su estación de trabajo para ir a recoger los químicos para continuar su proceso. Para ello se propuso implementar carritos móviles, con forma de carreta, en los cuales se colocaran los químicos que éste utilizaría en su proceso de lavado. De esta manera el operario no debería perder tiempo en ir a recoger químicos ni dejar la lavadora parada.

Por otro lado se vio la necesidad de reforzar con una capacitación, cómo sería el nuevo método de operación con los carritos. Además se les recalcaría la importancia de no dejar detenidas las lavadoras para crear una consciencia de reducir los tiempos muertos, ya que el tiempo que se queda sin operar una lavadora es una pérdida para la empresa.

Además, se escuchó la idea de un operario, quien sugería utilizar recipientes del tamaño exacto de la medida que pedía la fórmula, de manera que no tuvieran que ocupar mucho tiempo midiendo y verificando que llevaran la cantidad correcta de químico.

**2. Implementación de las propuestas de mejora.** Se obtuvieron carritos que estaban en desuso en la bodega de materiales, en los cuales se acomodaron los químicos en botes plásticos. Estos carritos tenían un limitante de tamaño, pues no cabían todos los químicos necesarios en ellos. Para ello se definió un método en el que sólo tuvieran que ir a cambiar los químicos del carrito 2 veces en cada proceso de lavado. En el Gráfico 32 se puede observar una foto del carrito en uso en el área de lavandería.

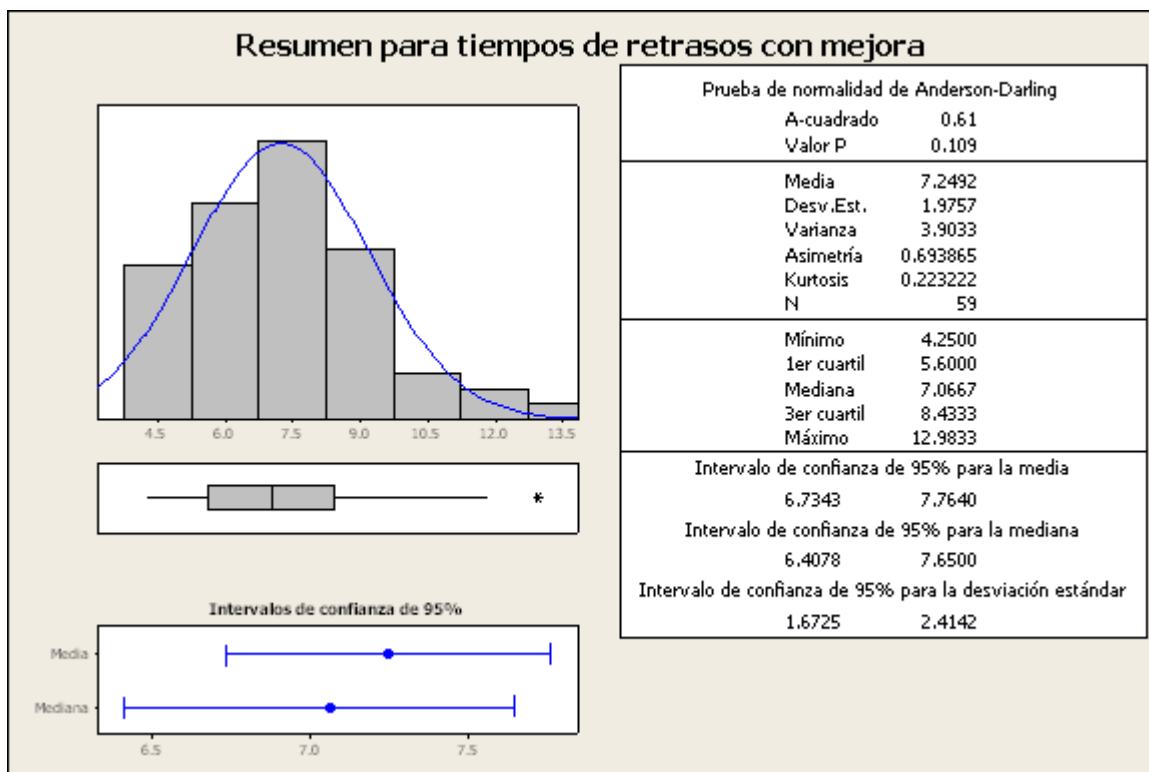
Gráfico 32. Carrito con químicos en el área de lavandería



Luego de la implementación de las mejoras propuestas y de realizar el proceso de capacitación, se realizó de nuevo la medición de los tiempos del procesos de lavado. El tener el carrito en la estación de trabajo causó que aumentara el tiempo de carga de prendas a la lavadora de 1.75 minutos a 2.08 minutos, y el tiempo de descarga de 3 a 3.25 minutos, con lo cual el tiempo del proceso ahora sería de 105.83 minutos. Para determinar el impacto de las mejoras se midió de nuevo el tiempo que tomaba procesar un lote de prendas, siguiendo una metodología similar a la utilizada anteriormente en la sección de análisis del proceso de manufactura. En el Anexo 3 se encuentran los tiempos registrados para realizar el proceso completo de lavado, luego de implementación de mejoras.

Esta vez se tomaron 59 mediciones, con las cuales se procedió a hacer el análisis estadístico con la ayuda del software estadístico Minitab, evaluando a un nivel de confianza del  $\alpha = 95\%$ . Los resultados muestran una media de 7.249 minutos de retrasos, con una desviación estándar de 1.976. La prueba de normalidad dio un resultado para el Valor de  $P = 0.109$ , y ya que el Valor  $P > \alpha$ , se concluye que no se rechaza la hipótesis nula, y que nuestra población puede ser modelada como una distribución normal con media de 7.249 minutos. Dichos resultados para los tiempos medidos en lavandería luego de la implementación de mejoras se muestran a continuación en el Gráfico 33.

Gráfico 33. Análisis de los retrasos medidos en el área de lavandería después de la implementación de mejoras



Para comparar los resultados obtenidos antes y después de la implementación de mejoras en el área de lavandería, se utilizó el software Minitab para realizar análisis estadísticos. Primero se realizó una prueba de hipótesis de varianzas, con un nivel de confianza de =95%, para probar la hipótesis nula de que las varianzas son iguales entre ambas muestras de datos. Los resultados se muestran a continuación en el Gráfico 34.

Gráfico 34. Resultados de la prueba de dos varianzas

Prueba e IC para dos varianzas: tiempos de retrasos, tiempos de retrasos con					
Método					
Hipótesis nula	Sigma(tiempos de retrasos) / Sigma(tiempos de retrasos con mejora) = 1				
Hipótesis alterna	Sigma(tiempos de retrasos) / Sigma(tiempos de retrasos con mejora) not = 1				
Nivel de significancia	Alfa = 0.05				
Estadísticas					
Variable	N	Desv.Est.	Varianza		
tiempos de retrasos	40	4.946	24.468		
tiempos de retrasos con mejora	59	1.976	3.903		
Relación de desviaciones estándar = 2.504					
Relación de varianzas = 6.268					
Intervalos de confianza de 95%					
Distribución de los datos	IC para relación de Desv.Est.	IC para relación de varianza			
Normal	(1.888, 3.376)	(3.564, 11.399)			
Continuo	(1.973, 3.586)	(3.892, 12.857)			
Pruebas					
Método	GL1	GL2	Estadística de prueba	Valor P	
Prueba F (normal)	39	58	6.27	0.000	
Prueba de Levene (cualquiera continua)	1	97	41.04	0.000	

Ya que el Valor P <  $\alpha$ , se concluye que se rechaza la hipótesis nula, y que la evidencia estadística nos dice que las varianzas no son iguales. Además podemos tomar que la relación entre las desviaciones estándar es a una razón de 2.504, es decir que la desviación estándar se redujo 2.5 veces.

Luego se realizó una prueba de hipótesis T para comparar dos medias, con un nivel de confianza de  $\alpha=95\%$ , para probar la hipótesis nula de que las medias son iguales. Los resultados que nos proporcionó Minitab se encuentran en el Gráfico 35.

Gráfico 35. Resultados de la prueba de hipótesis para dos medias

**Prueba T e IC de dos muestras: tiempos de retrasos, tiempos de retrasos con**

T de dos muestras para tiempos de retrasos vs. tiempos de retrasos con mejora

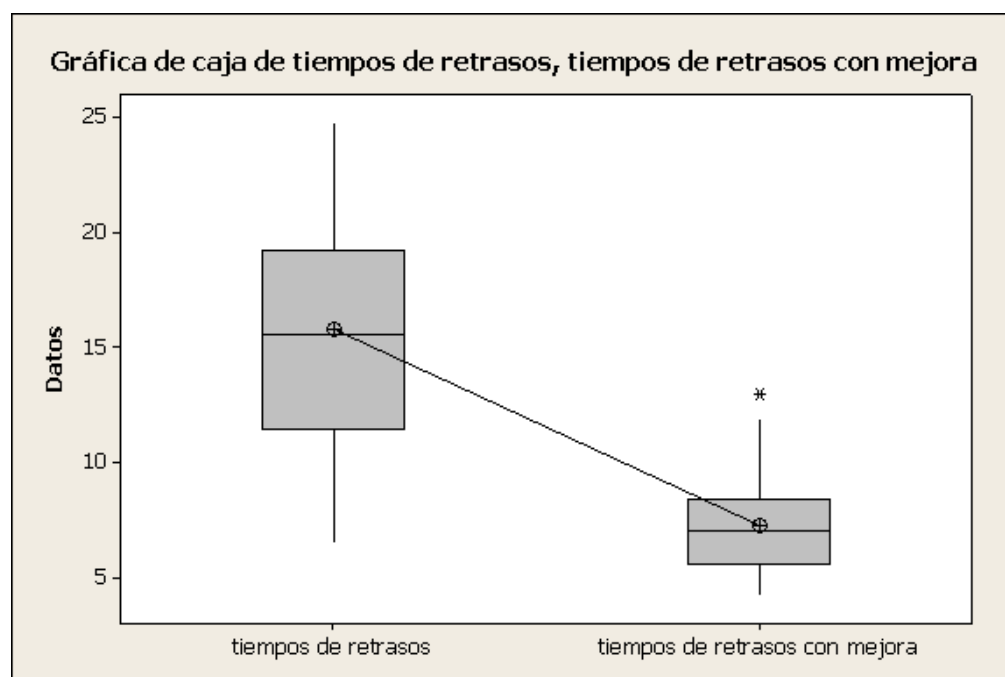
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
tiempos de retrasos	40	15.76	4.95	0.78
tiempos de retrasos con	59	7.25	1.98	0.26

Diferencia =  $\mu$  (tiempos de retrasos) -  $\mu$  (tiempos de retrasos con mejora)  
 Estimado de la diferencia: 8.508  
 IC de 95% para la diferencia: (6.852, 10.164)  
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 10.33 Valor P = 0.000 GL = 47

Ya que el Valor  $P < \alpha$ , se concluye que se rechaza la hipótesis nula, y que la evidencia estadística nos dice que las medias no son iguales. La diferencia es de 8.508 minutos con un intervalo de confianza del 95% de 6.852 a 10.164 minutos.

Con esto podemos concluir que se logró reducir en 8.5 minutos la operación, y reducir la desviación estándar para obtener un proceso más estandarizado. A continuación se muestra el gráfico 36, donde se puede apreciar más fácilmente los resultados obtenidos.

Gráfico 36. Tiempos de retrasos antes vs. después de la implementación de mejoras



Con los resultados obtenidos ahora el proceso de lavado tendría un promedio de 7.249 minutos de retrasos, los cuales se dividen entre las 2 demoras que ocurren cuando se van a cambiar los químicos del carrito, obteniendo 3.62 minutos por demora. Es decir que ahora durarán más las demoras, pero serán menos. A continuación, en el Gráfico 37, se muestra el nuevo diagrama de operaciones del proceso para el proceso de lavado, luego de la implementación de las mejoras.

*Gráfico 37. Diagrama de operaciones del proceso de lavado después de la implementación de mejoras*

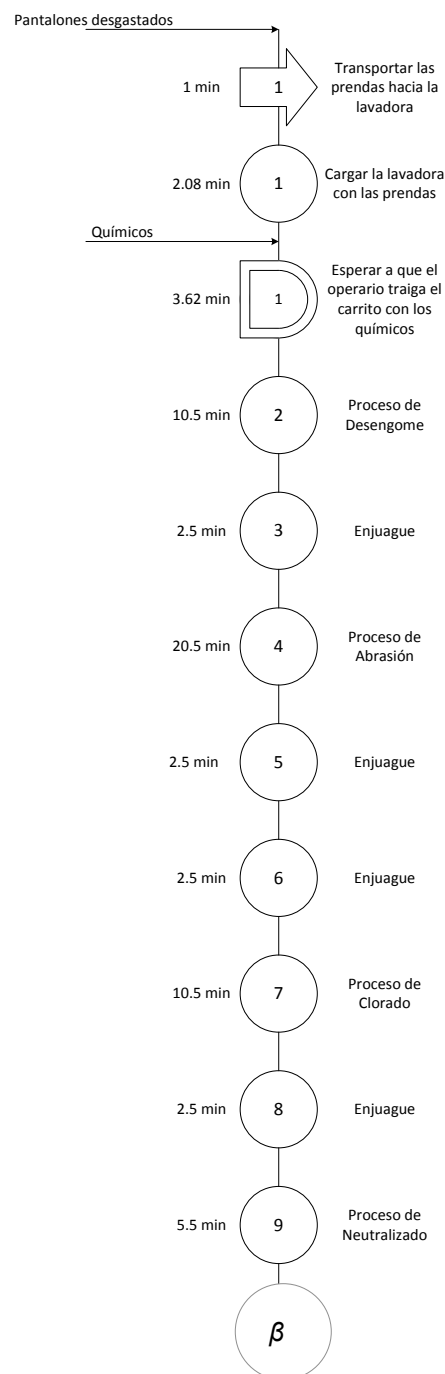
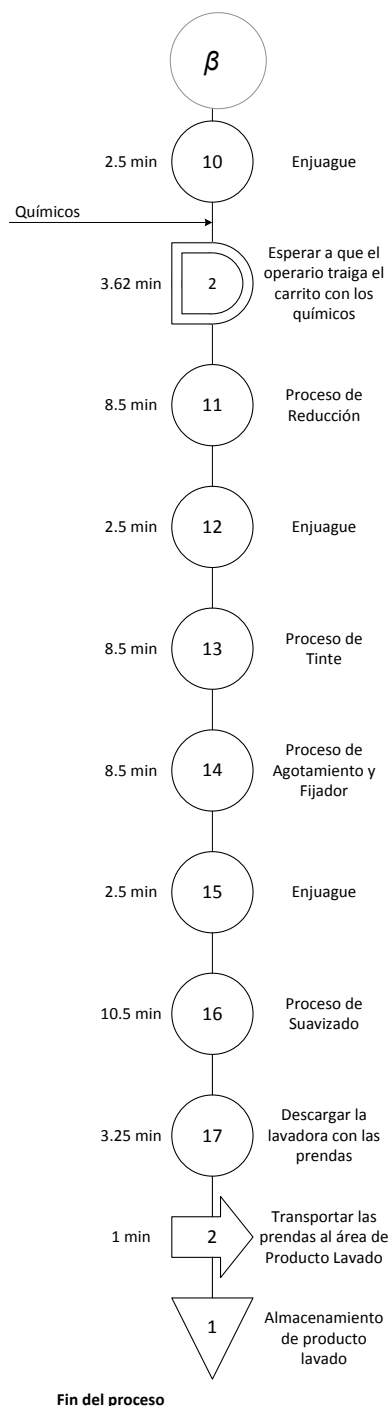


Gráfico 37 (continuación). Diagrama de operaciones del proceso de lavado después de la implementación de mejoras



### Resumen

Actividad	Cantidad	Tiempo Total
Operación	17	105.83 minutos
Transporte	2	2.00 minutos
Demora	2	7.249 minutos
Almacenamiento	1	-
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>115.08 minutos</b>

A continuación en la Tabla 11 se compara el detalle de las operaciones que se realizan antes y después de la implementación de mejoras en el proceso de lavado.

*Tabla 11. Comparación de las operaciones del proceso de lavado antes y después de la implementación de mejoras*

RESUMEN Antes			RESUMEN Después		
Evento	Número	Tiempo (min)	Evento	Número	Tiempo (min)
Operación	17	105.25	Operación	17	105.83
Transporte	2	2	Transporte	2	2
Demora	7	15.76	Demora	2	7.25
Almacenamiento	1	-	Almacenamiento	1	-
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>123.01</b>	<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>115.08</b>

El tiempo de la operación de lavado se redujo en 7.93 minutos, con lo cual se calculó de nuevo la capacidad de producción del área de lavandería, analizando el resto de operaciones. Similar a la Tabla 7, ubicada en la página 49, se analiza la capacidad de producción de cada etapa del proceso de lavandería utilizando su tiempo de operación, solo que ahora cambiará el tiempo de lavandería a 115.08 minutos para procesar un lote de 220 prendas. Esto se muestra a continuación en la Tabla 12, donde se calculan las capacidades de producción de los procesos de lavandería luego de la mejora implementada en el proceso de lavados.

Tabla 12. Determinación de la nueva capacidad de producción de Lavandería

Proceso	tiempo de operación (min/unidad)	Operaciones simultáneas	tiempo de procesamiento (min/unidad)	tiempo disponible a la semana	Capacidad de producción semanal (unidades)
Lavado	0.5231	4	0.1308	10,080 min	77,079
Extractado	0.2091	2	0.1045	10,080 min	96,417
Secado	0.2409	2	0.1205	10,080 min	83,683
Volteo de prendas	0.2667	9	0.0296	2,640 min	89,100

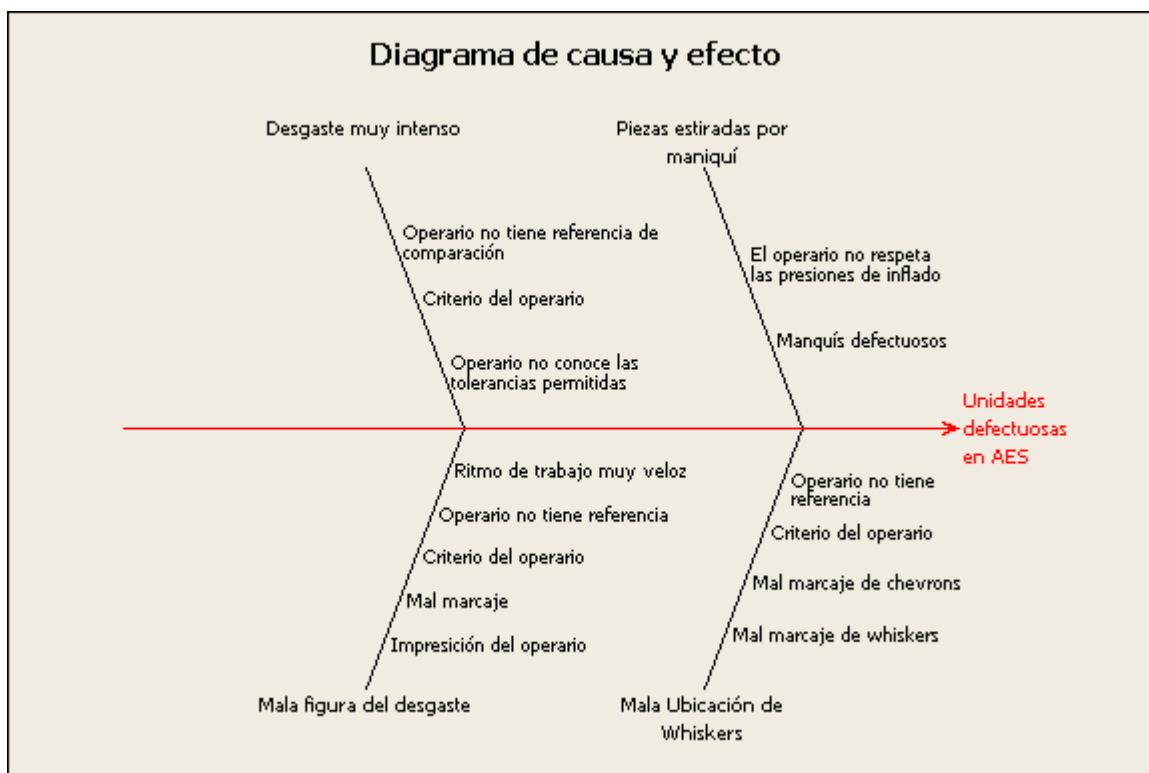
Se ha resaltado con color rojo el proceso que tiene la menor capacidad de producción, y que por lo tanto será el cuello de botella que definirá el ritmo de producción de todo el área. Este proceso continúa siendo el de lavado, aunque ahora puede procesar una cantidad mayor de unidades.

## B. Calidad

Según lo que se observó en la sección de determinación de los procesos críticos, se decidió enfocarse en el área de acabados especiales para buscar aumentar el indicador de calidad y reducir las piezas no conformes.

**1. Propuestas de mejora.** Se comenzó por identificar las causas que provocaban que las piezas no estuvieran dentro de las tolerancias permitidas. Para ello se revisaron las piezas rechazadas y se identificaron los defectos que contenían. En el Gráfico 38, que se muestra a continuación, se pueden observar en un diagrama de causa y efecto los motivos que provocan piezas no conformes.

Gráfico 38. Diagrama de causa y efecto de las piezas no conformes en el área de acabados especiales



Con las causas anteriormente detalladas se observó que se debía reforzar a los operarios los criterios de calidad, pues sus capacitaciones consisten en cómo trabajar y aprender los movimientos para realizar el desgaste a un pantalón, pero no quedan claros los criterios de calidad y tolerancias aceptables. Para ello se harían capacitaciones sobre los conceptos de calidad en una prenda, de

manera que ellos mismo pudieran auditar su propia producción y asegurarse que estuviera dentro de las tolerancias permitidas. Además se propuso colocar una pieza de referencia al lado de los maniquís para que el operario pudiera comparar constantemente su trabajo con el estándar.

**2. Implementación de las propuestas de mejora.** Se colocaron las piezas de referencia al lado de cada estación de trabajo del área de acabados especiales, con lo cual se le proporcionaba un apoyo visual al operario en todo momento. Esta pieza generalmente es la primera que producen en la jornada de trabajo; esta es comparada contra el estándar y si cumple los requisitos se aprueba para que el operario comience a producir. Además se realizaron capacitaciones que duraron 2 semanas, en las cuales se reforzaron los criterios de calidad: la figura, intensidad, colocación y consistencia entre los paneles. Se trató de ser lo más explícito posible en definir los intervalos de máximo y mínimo permitido que se permite para que una pieza esté entre las tolerancias permitidas. También se incluyó el uso y manejo de los maniquís, ya que si se infla demasiado la pieza sufre un estiramiento. Así mismo se revisaron los maniquís para revisar aquellos que no estuvieran calibrados o que tuvieran fugas.

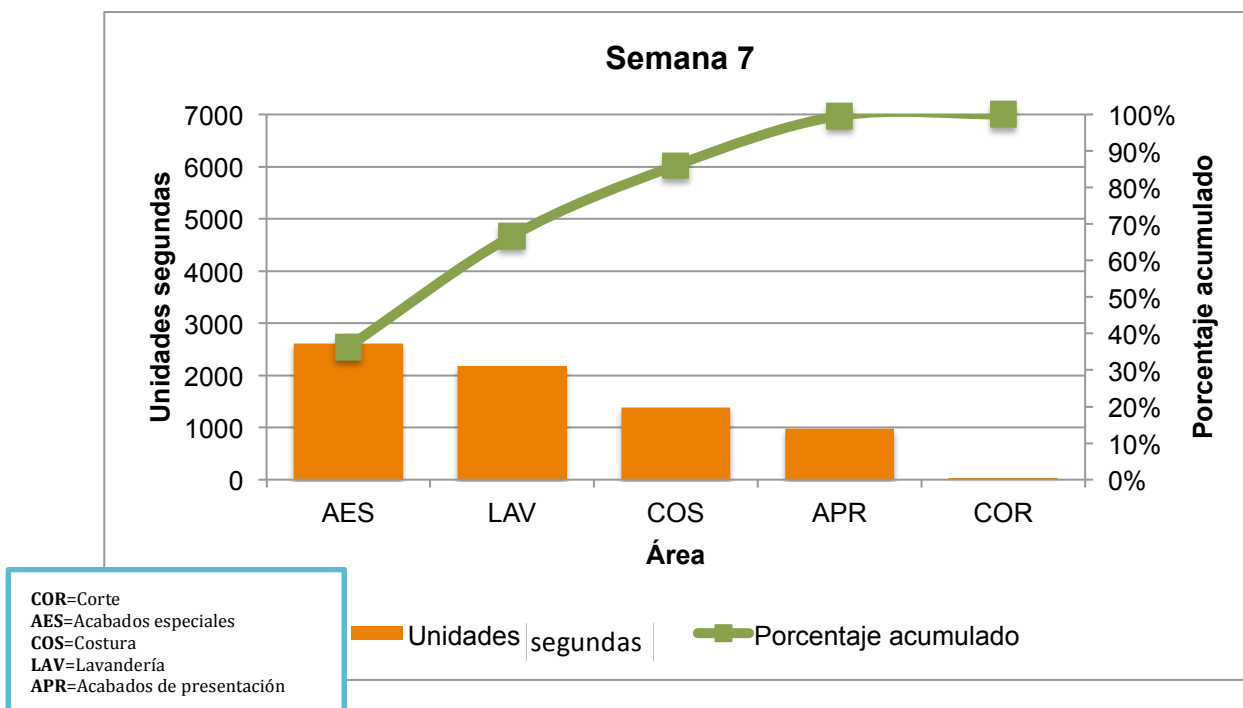
Los resultados se muestran en la Tabla 13, ubicada en la página 66, la cual muestra los resultados obtenidos de piezas no conformes en las siguientes semanas. En el diagrama se muestran las semanas 5 y 6 que fue mientras se realizaron las capacitaciones, y de la semana 7 a la 10 fueron luego de la implementación de las mejoras. Las semanas 1 a 4 se pueden consultar en la Tabla 9, que se encuentra en la página 51.

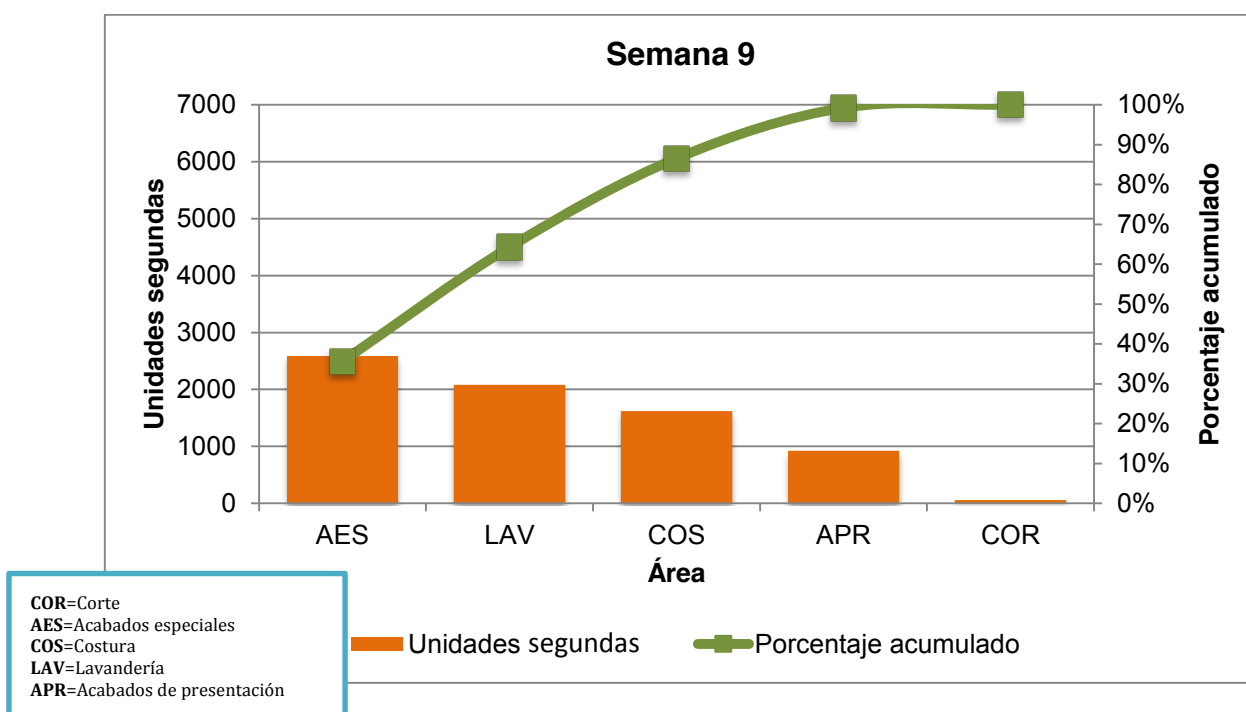
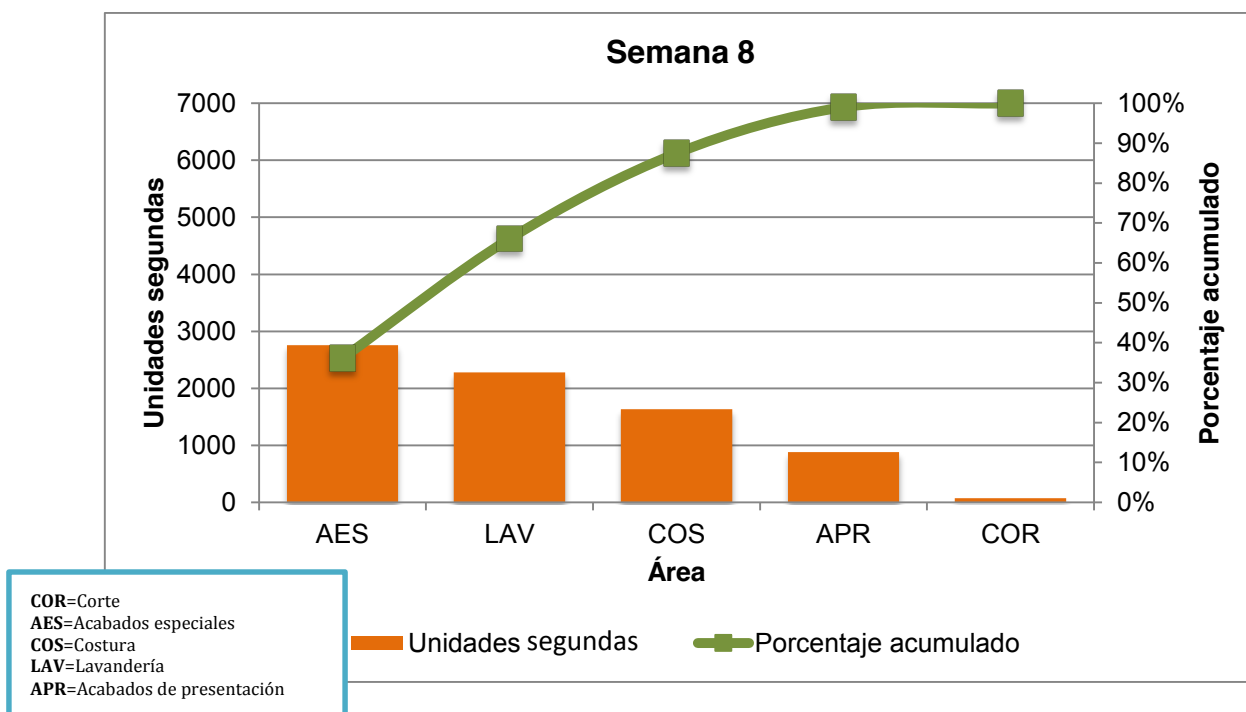
Además se puede observar el Gráfico 39, que se encuentra en la página 66, donde se muestran los diagramas de Pareto para las semanas 7 a 10, después de la implementación de las propuestas de mejora.

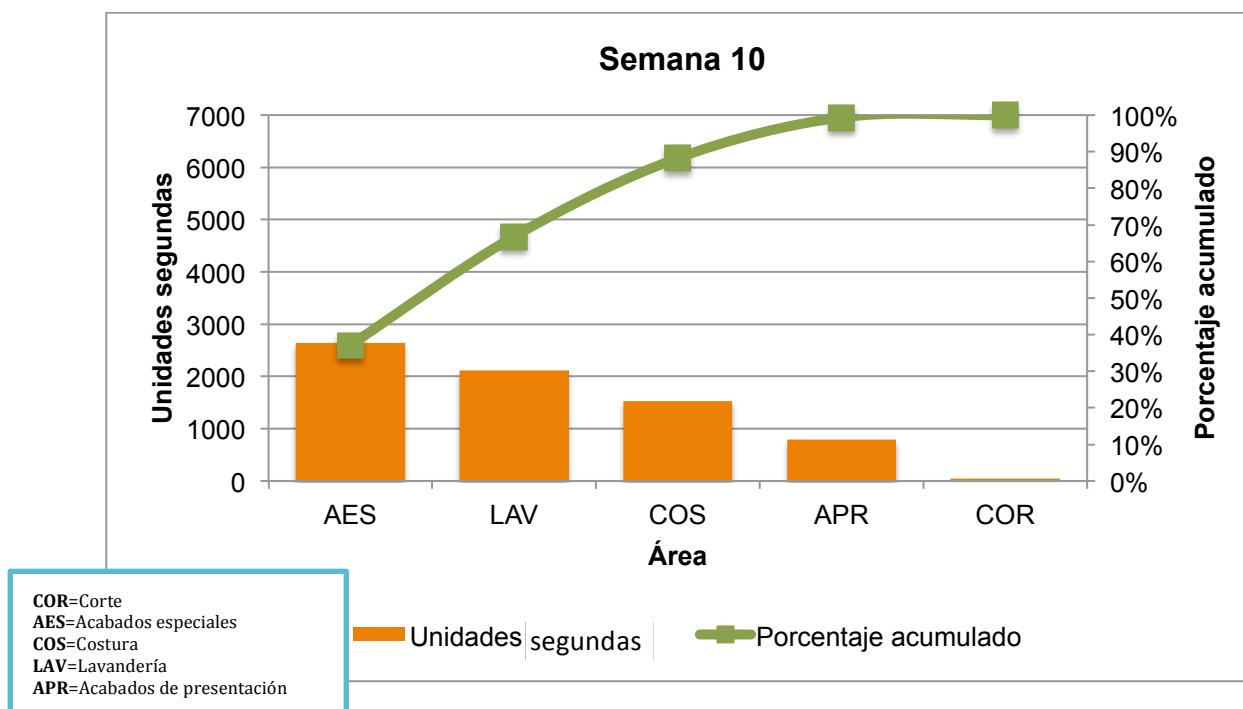
Tabla 13. Indicadores de calidad de la empresa para las siguientes semanas

Unidades no conformes						
Área	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Corte	81	64	28	72	54	45
Costura	1,356	1,390	1,383	1,634	1,619	1,522
Acabados especiales	5,530	4,899	2,605	2,754	2,589	2,637
Lavandería	2,156	2,090	2,184	2,277	2,083	2,111
Acabados de presentación	1,002	807	974	879	923	790
<b>Total</b>	<b>10,125</b>	<b>9,250</b>	<b>7,174</b>	<b>7,616</b>	<b>7,268</b>	<b>7,105</b>
<b>Unidades producidas</b>	71,898	72,102	72,053	71,985	72,068	72,007
<b>Índice de calidad</b>	<b>85.92%</b>	<b>87.17%</b>	<b>90.04%</b>	<b>89.42%</b>	<b>89.92%</b>	<b>90.13%</b>

Gráfico 39. Diagramas de Pareto de unidades no conformes para las semanas posteriores a la implementación de las propuestas de mejora





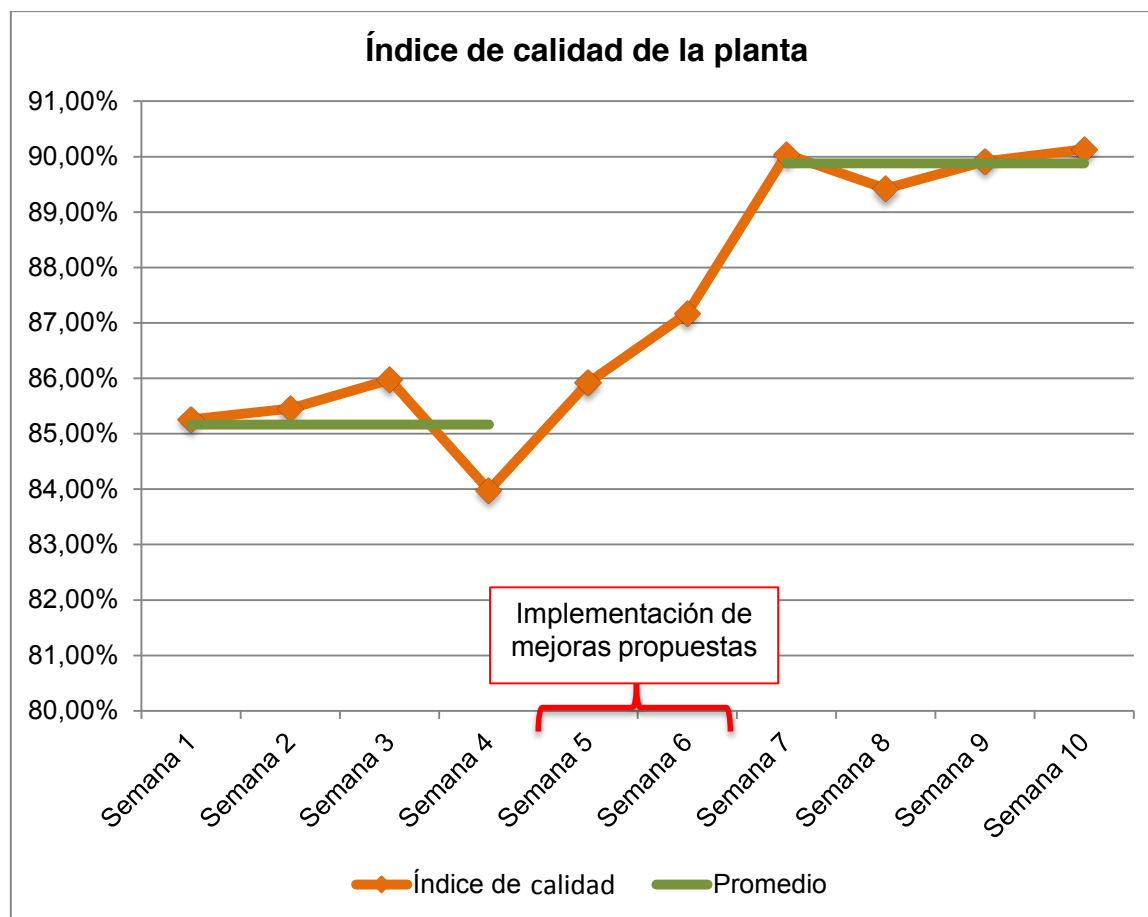


Como se puede observar, el área de acabados especiales sigue siendo la que más cantidad de unidades no conformes produce. Sin embargo se ve reducida grandemente la cantidad de unidades no conformes que produce semanalmente. En el Gráfico 40 se puede observar cómo ha cambiado el indicador de calidad durante las 10 semanas que se midieron. Así mismo los valores se pueden observar a continuación en la Tabla 14.

*Tabla 14. Indicadores de calidad para acabados especiales*

<b>Unidades no conformes</b>										
Área	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
<b>Acabados especiales</b>	6,083	5,792	5,518	6,694	5,530	4,899	2,605	2,754	2,589	2,637
<b>Unidades producidas</b>	72,039	72,081	71,924	72,028	71,898	72,102	72,053	71,985	72,068	72,007
<b>Índice de calidad</b>	85.26%	85.46%	85.98%	83.98%	85.92%	87.17%	90.04%	89.42%	89.92%	90.13%
<b>Promedio</b>	85.17%				89.88%					
<b>Índice de calidad de acabados especiales</b>	91.56%	91.96%	92.33%	90.71%	92.31%	93.21%	96.38%	96.17%	96.41%	96.34%
<b>Promedio</b>	91.64%				96.33%					
	Periodo antes de implementar las mejoras propuestas				Periodo de implementación		Periodo después de la implementación de mejoras propuestas			

Gráfico 40. Indicador de calidad de la planta



Como se puede observar, hay un aumento en el índice de calidad de la planta del 4.7% al terminar de implementar las mejoras propuestas.

### C. Alternativa de inversión

Con el fin de realizar una propuesta adicional para incrementar la productividad de la planta se realizó un análisis financiero de una compra de maquinaria. Ya que se había definido que el recurso crítico eran las lavadoras, se evaluó lo que conllevaría comprar otra máquina de estas.

Al tener una quinta máquina lavadora, las lavadoras dejarían de ser nuestro recurso crítico y surgiría un nuevo cuello de botella: las secadoras. Esto se puede apreciar en la Tabla 15 que se encuentra a continuación.

Tabla 15. Capacidad de producción del área de lavandería con la compra de una lavadora adicional

Proceso	tiempo de operación (min/unidad)	Operaciones simultáneas	tiempo de procesamiento (min/unidad)	tiempo disponible a la semana	Capacidad de producción semanal (unidades)
Lavado	0.5231	5	0.1046	10,080 min	96,349
Extractado	0.2091	2	0.1045	10,080 min	96,417
Secado	0.2409	2	0.1205	10,080 min	83,683
Volteo de prendas	0.2667	9	0.0296	2,640 min	89,100

Las secadoras tendrían ahora la menor capacidad de producción y limitarían la capacidad de producción a 83,683 piezas por semana en el área de lavandería. Al comparar esto con el resto de áreas obtenemos lo siguiente:

Tabla 16. Capacidad de producción de la planta con la compra de una lavadora adicional

Área	tiempo por operación (min/unidad)	Operaciones simultáneas	Velocidad de producción del área (min/unidad)	Tiempo disponible a la semana	Capacidad semanal de producción
Corte	0.0583	2	0.0292	2,640 min	90,514
Costura	0.2188	7	0.0313	2,640 min	84,480
Acabados especiales	0.2476	8	0.0310	2,640 min	85,292
Lavandería (proceso de secado)	0.2409	2	0.1205	10,080 min	83,683
Acabados de presentación	0.1542	5	0.0308	2,640 min	85,622

Se obtiene que el área de lavado seguiría siendo el cuello de botella, pero ahora a causa de las secadoras. Por ello se calcula el aumento de producción posible:

$$\text{Aumento de producción} = 83,683 - 77,079 = 6,604 \text{ piezas a la semana}$$

$$6,604 \text{ piezas a la semana} \times \frac{1 \text{ año}}{52 \text{ semanas}} = 343,388 \text{ unidades al año}$$

En la empresa se cuenta con un proveedor europeo dedicado a la fabricación y venta de este tipo de máquinas industriales, quien anteriormente ha proporcionado e instalado todas las máquinas de lavandería que hay en la empresa. Una lavadora industrial tiene un precio de \$98,000 que incluye la instalación en la empresa. Estas lavadoras tienen una vida útil de 10 años y se deprecian en 5 años con el método lineal, teniendo un valor de salvamento de \$10,000.

Como se mencionó anteriormente, realizar esta inversión permitiría a la empresa producir más pantalones. La empresa obtiene una utilidad bruta de \$0.12 por cada prenda, producto de la diferencia entre el precio de venta y los costos de fabricación (que incluyen mano de obra, materias primas y gastos de fabricación); por lo tanto al vender más piezas tendrían proporcionalmente más costos y más ingresos. Esta utilidad bruta se utiliza luego para cubrir los otros gastos que tiene la empresa para llegar a obtener una utilidad neta, sin embargo el siguiente análisis se basa sobre la utilidad bruta que genera cada unidad. Para evaluar proyectos financieros, la empresa usa una Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR) del 12%, tomando en cuenta la tasa aproximada del 8% del banco más un porcentaje adicional que ellos ponen de ganancia y por asumir el riesgo.

Tabla 17. Datos utilizados para el análisis financiero

<b>Precio de venta</b>	\$8.00
<b>Costo de ventas</b>	\$7.88
<b>Utilidad bruta por unidad</b>	\$0.12
<b>ISR</b>	31.00%
<b>Inversión de la lavadora</b>	\$98,000.00
<b>Depreciación</b>	5 años
<b>Depreciación anual</b>	\$17,600.00
<b>Valor de salvamento</b>	\$10,000.00
<b>Incremento de unidades a la semana</b>	6,604
<b>TMAR</b>	12%

A continuación se muestra el flujo de efectivo que generaría la inversión.

Flujo de efectivo para el análisis financiero de compra de una lavadora industrial

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas		\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00	\$2,748,928.00
Costo de ventas		\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08	\$2,707,694.08
<b>Utilidad bruta</b>		\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92
Depreciación		<b>\$17,600.00</b>	<b>\$17,600.00</b>	<b>\$17,600.00</b>	<b>\$17,600.00</b>	<b>\$17,600.00</b>	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		\$23,633.92	\$23,633.92	\$23,633.92	\$23,633.92	\$23,633.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92	\$41,233.92
Impuestos		\$7,326.52	\$7,326.52	\$7,326.52	\$7,326.52	\$7,326.52	\$12,782.52	\$12,782.52	\$12,782.52	\$12,782.52	\$12,782.52
<b>Utilidad neta del periodo</b>		\$16,307.40	\$16,307.40	\$16,307.40	\$16,307.40	\$16,307.40	\$28,451.40	\$28,451.40	\$28,451.40	\$28,451.40	\$28,451.40
Depreciación		\$17,600.00	\$17,600.00	\$17,600.00	\$17,600.00	\$17,600.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Inversión inicial		<b>\$98,000.00</b>									
Valor de salvamento											\$10,000.00
<b>Flujo de efectivo neto</b>		<b>\$33,907.40</b>	<b>\$33,907.40</b>	<b>\$33,907.40</b>	<b>\$33,907.40</b>	<b>\$33,907.40</b>	<b>\$28,451.40</b>	<b>\$28,451.40</b>	<b>\$28,451.40</b>	<b>\$28,451.40</b>	<b>\$38,451.40</b>

El valor presente neto (VPN) de la inversión es de \$85,546.86, con una tasa interna de retorno del 31.50%, superior a la TMAR utilizada en la empresa. Así mismo se calculó un retorno de la inversión de 4 años, como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 18. Tiempo de retorno de la inversión

Año	VPN
0	\$98,000.00
1	\$67,740.91
2	\$40,723.86
3	\$16,601.50
4	\$4,936.32
5	\$24,166.52
6	\$38,572.16
7	\$51,434.34
8	\$62,918.43
9	\$73,172.09
10	\$85,546.86

Gráfico 41. Retorno de la inversión

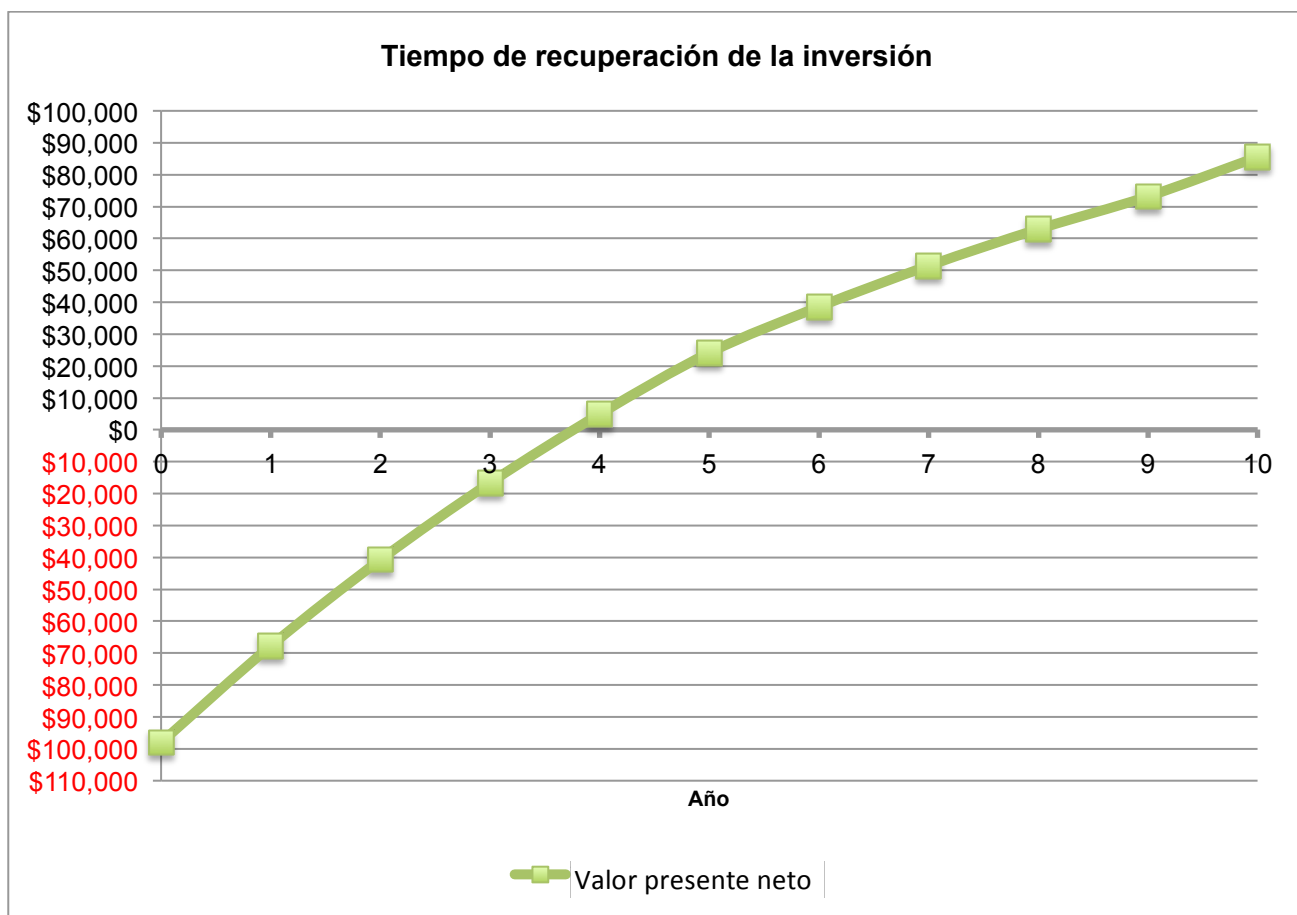
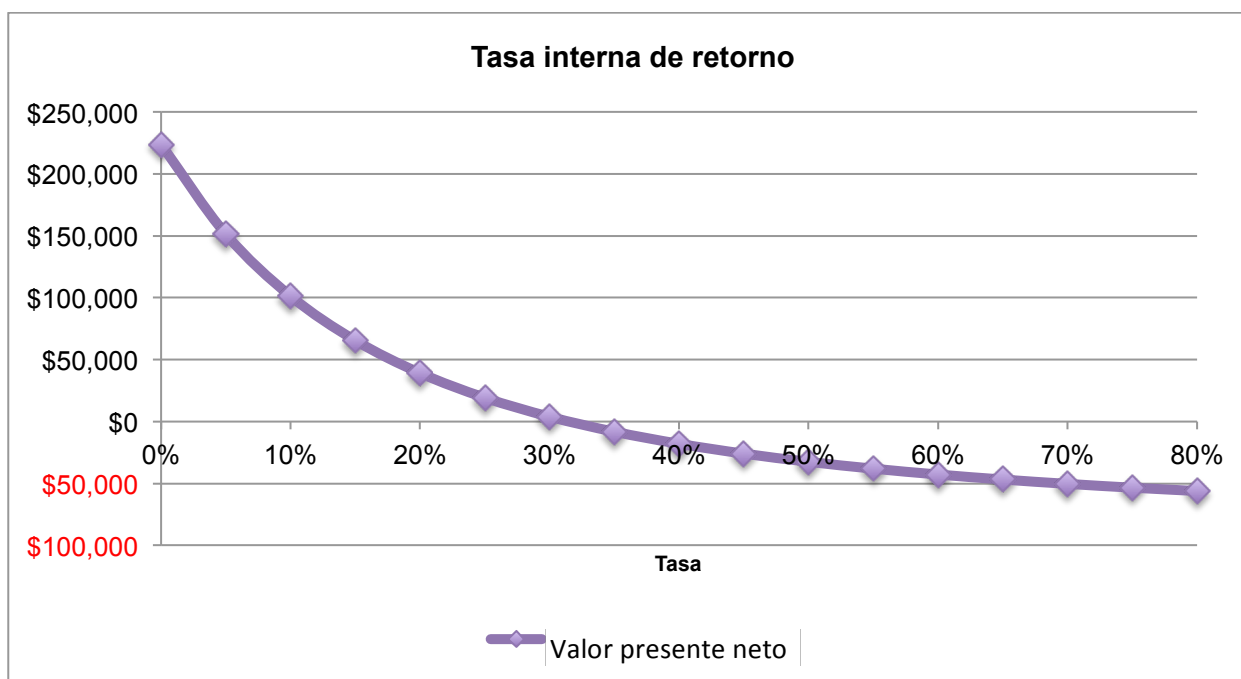


Gráfico 42. Tasa interna de retorno

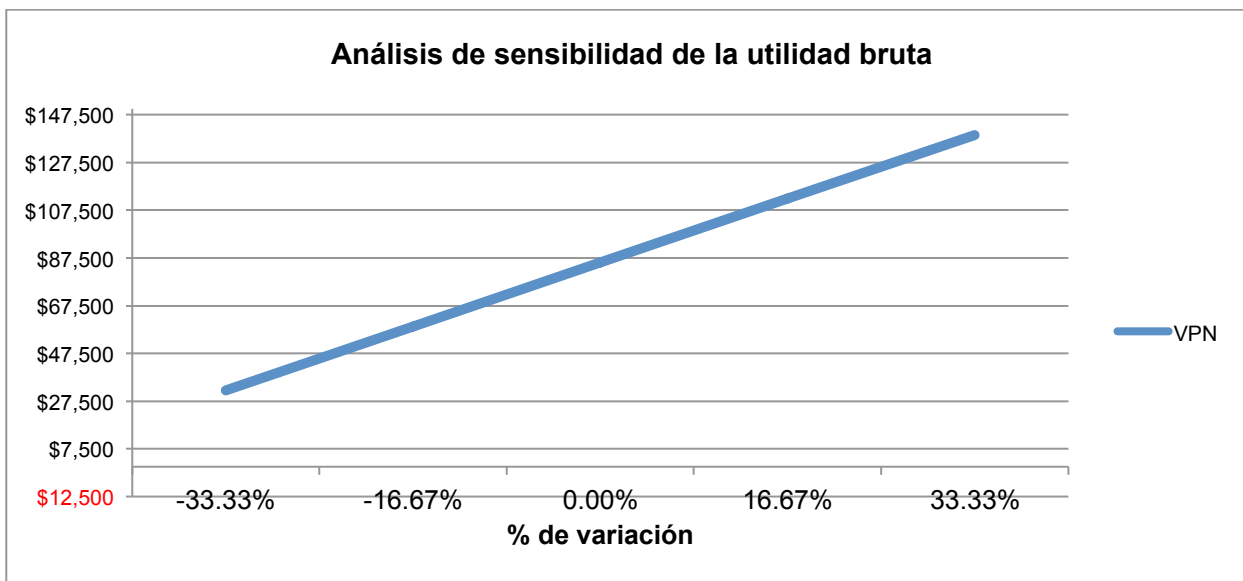


Para analizar qué tan sensible es el proyecto financiero a una variación en la utilidad, se realizó un análisis de sensibilidad variando la utilidad bruta obtenida por pieza; es decir, si la diferencia entre el costo de fabricación y el precio de venta fluctuara. En la Tabla 19 se puede observar que la inversión seguiría siendo rentable incluso si se disminuyera un 33.33% la utilidad bruta.

Tabla 19. Resultados del análisis de sensibilidad

Variación	Utilidad bruta por unidad	VPN
-33.33%	\$0.08	\$31,993.71
-16.67%	\$0.10	\$58,770.28
0.00%	\$0.12	\$85,546.86
16.67%	\$0.14	\$112,323.44
33.33%	\$0.16	\$139,100.02

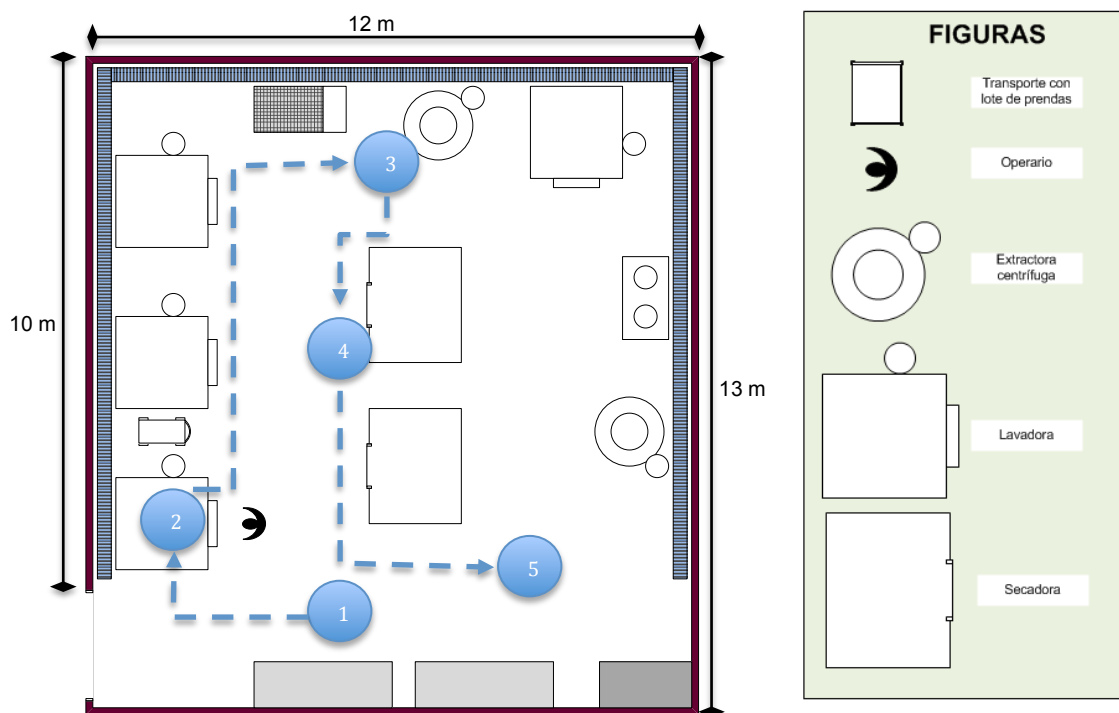
Gráfico 43. Análisis de sensibilidad



Para todo proyecto de inversión se deben evaluar las implicaciones prácticas que conllevaría, como la reestructuración del método de operación, los inconvenientes que pueda traer o las posibilidades de la implementación del mismo. Por eso es importante destacar que en el presente proyecto no es prioridad la implementación de dicha inversión financiera, ya que el objetivo era aumentar la productividad sin realizar una alta inversión de capital. Sin embargo, se presenta a continuación un diagrama de la planta de lavandería para ilustrar cómo se debería realizar la instalación de la máquina, dejando fuera las implicaciones de las actividades operativas.

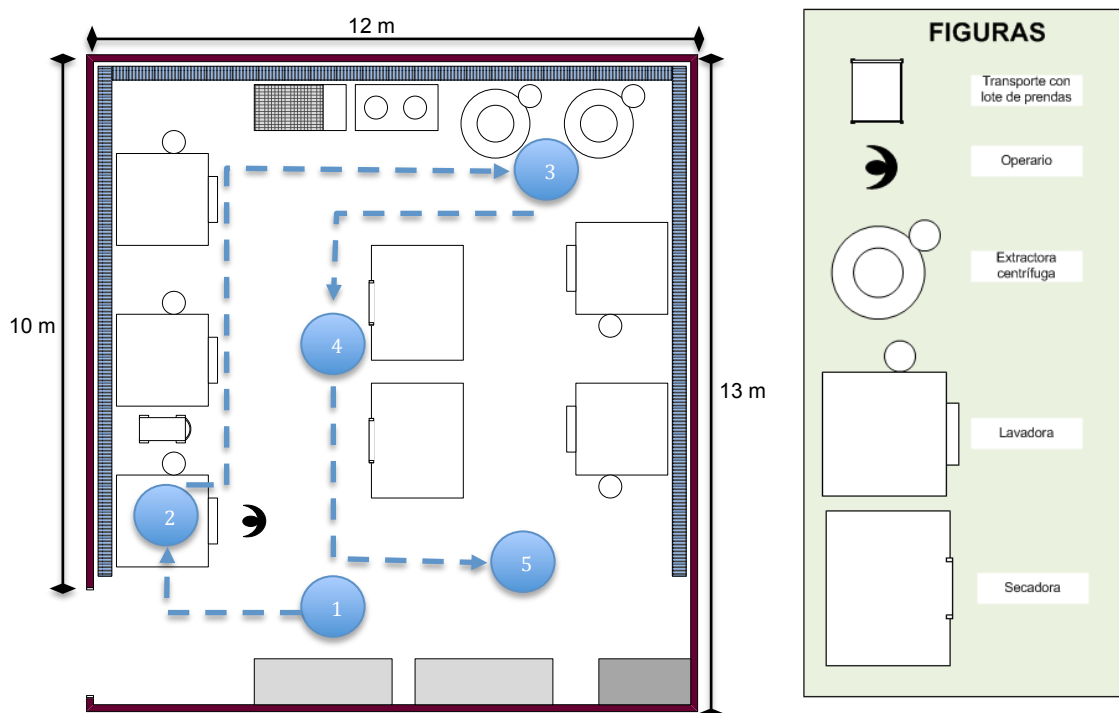
En esos mapas se puede observar que sí hay posibilidad de reorganizar las posiciones de las máquinas para instalar otra lavadora, sin embargo como se mencionó anteriormente se tendría que observar cómo la reducción de espacio afectaría el desarrollo de las actividades diarias.

Gráfico 44. Vista en planta del área de lavandería antes de la compra de la lavadora



- 1.- Recoger las piezas a procesar
- 2.- Proceso de lavado
- 3.- Proceso de extractado
- 4.- Proceso de secado
- 5.- Dejar las piezas procesadas

Gráfico 45. Vista en planta del área de lavandería con la compra de la lavadora



## VII. RESULTADOS

### A. Capacidad de producción

Se logró aumentar la productividad en la planta al ampliar la capacidad del recurso crítico, que era el proceso de lavado en el área de lavandería, por lo que ahora se tiene un indicador de productividad de la planta mayor.

#### Indicador de productividad inicial:

$$\text{Productividad de la planta: } \frac{72,111 \text{ pantalones}}{1 \text{ semana}} = 72,111 \text{ pantalones por semana}$$

#### Indicador de productividad después de las mejoras:

$$\text{Productividad de la planta: } \frac{77,079 \text{ pantalones}}{1 \text{ semana}} = 77,079 \text{ pantalones por semana}$$

#### Aumento en la productividad

$$\text{Aumento} = \frac{77,079 - 72,111}{72,111} = 6.89\%$$

Este incremento le permitirá a la empresa generar más utilidades, pues ahora tiene más pantalones para vender. Al tomar la utilidad bruta de \$0.12 que se obtiene por cada pantalón, producto de la diferencia entre el precio de venta y los costos de fabricación, se obtendría la siguiente ganancia:

$$(77,079 - 72,111) \times \$0.12 = \$596.16 \text{ a la semana}$$

$$\frac{\$596.16}{1 \text{ semana}} \times \frac{52 \text{ semanas}}{1 \text{ año}} = \$31,000.32 \text{ al año}$$

### B. Calidad

Se logró un aumento en el índice de calidad después de la implementación de las mejoras. La diferencia viene dada por el promedio del índice de calidad que se tenía al principio (de las semanas 1 a la 4) comparado con el promedio que se obtuvo después (de las semanas 7 a la 10). Las semanas de intermedio no se tomaron en cuenta pues era la fase de transición mientras se realizaban las implementaciones. Es entonces que la diferencia viene dada por:

$$\text{Aumento en calidad} = \text{Índice de calidad final} - \text{Índice de calidad inicial}$$

$$\text{Aumento en calidad} = 89.9\% - 85.2\% = 4.7\%$$

Anteriormente se había definido que las piezas que no cumplían los requisitos de calidad se vendían al cliente a un precio menor, siendo este el mismo que el costo de fabricación. Por lo tanto esta mejora del 4.7% le permitirá a la empresa obtener ganancias que estaba dejando de recibir. Estas ganancias serían de:

$$\text{Ganancia total} = \text{Piezas sin defectos} \times \text{Ganancia por unidad}$$

$$\text{Ganancia total} = (72,111 \times 4.7\%) \times \$0.12 = \$406.68 \text{ a la semana}$$

$$\frac{\$406.68}{1 \text{ semana}} \times \frac{52 \text{ semanas}}{1 \text{ año}} = \mathbf{\$21,147.36 \text{ al año}}$$

### C. Alternativa de inversión

La propuesta de compra de una lavadora adicional permitiría procesar 6,604 unidades más a la semana. Esto representaría un aumento en la capacidad de la planta.

$$\text{Aumento} = \frac{83,683 - 77,079}{77,079} = \mathbf{8.57\%}$$

La opción de compra de una lavadora adicional que permitiera aumentar la capacidad de la planta obtuvo un valor presente neto superior a los \$85,000 al evaluarse a 10 años. La tasa interna de retorno obtenida es mayor a la que la empresa requiere para evaluar sus proyectos, y el tiempo de recuperación de la inversión sería de 4 años. Se evaluó qué tan sensible sería el proyecto a una variación en la utilidad bruta obtenida por cada pantalón, donde se encontró que aunque se redujera en un 33% dicha utilidad, el proyecto aún sería rentable.

Los resultados muestran un proyecto favorable para la empresa, si se decidiera a realizar la inversión. Sin embargo se debería estudiar más a fondo qué implicaciones prácticas conllevaría esto y cómo afectaría al desarrollo diario de las actividades que se realizan en la operación.

## VIII. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis completo del proceso de manufactura de pantalones se determinó que el proceso crítico que definía la capacidad de producción de la planta era el de lavandería. Así mismo se determinó que el proceso crítico para la calidad es el de acabados especiales, ya que es el que más contribuye al total de unidades no conformes.
2. En el proceso de lavandería se desarrolló un diseño óptimo de trabajo con base al estudio de operaciones que se realizó. Con esto se redujo la variabilidad de la duración del proceso de lavado en una razón de 2.5 veces, y se aumentó la capacidad de producción. Con las mejoras implementadas en el área de acabados especiales, se logró reducir los desperdicios por calidad en un 4.7%.
3. A través de la implementación de mejoras en el proceso de lavandería se incrementó la productividad total en 6.87%, con lo cual se supera el requerimiento del 5% que se buscaba en la empresa.
4. Se planteó una alternativa de inversión financiera, para dejar a la empresa una propuesta que le permita aumentar su capacidad de producción aún más, si es que lo requiere. Con base al análisis financiero de la inversión, se determinó que con la compra de una lavadora adicional se lograría obtener un aumento adicional del 8.57% en la capacidad de producción. Con el análisis financiero se determinó que la inversión de compra de una lavadora adicional sería rentable, ya que el proyecto presenta un valor presente neto de aproximadamente \$85,000, con una tasa interna de retorno superior a la requerida por la empresa, y un periodo de recuperación de la inversión de 4 años.

## IX. RECOMENDACIONES

- Tener en consideración la opción de compra de una lavadora adicional, si es que se llega a requerir otro aumento en la capacidad de producción de la planta.
- Evaluar las áreas que no son críticas para el ritmo de producción, ya que se observa una capacidad sobrada en éstas áreas. Se puede disminuir la capacidad de producción para estas áreas, de manera que no lleguen a convertirse en cuellos de botella, para lograr un ahorro en sus costos de fabricación
- Evaluar en el área de lavandería, si con el nuevo método implementado sería beneficioso asignar a un operario que se dedique únicamente a despachar químicos, para reducir aún más los tiempos muertos en las lavadoras.
- Mantener capacitaciones constantes para mejorar las prácticas de manufactura de sus operarios. Dichas capacitaciones deben incluir siempre los criterios de calidad para que ellos evalúen qué tan bien sale su producción.
- Buscar alternativas para que los procesos no dependan en su totalidad de la manualidad del operario, pues esta presentará una alta variabilidad debido a todos los factores humanos que intervienen en el proceso. Si no existen alternativas que ofrezcan una estandarización del proceso, como es en el caso del área de acabados especiales, se sugiere que se coloque una etapa de auditoría al finalizar este proceso para evitar procesar piezas que van defectuosas desde un principio.
- Tomar en cuenta la opinión de los operarios cuando se quiera realizar mejoras a un proceso, pues son ellos quienes conocen mejor cómo funciona un proceso en la práctica y pueden dar muy buenas sugerencias que faciliten la realización del mismo.
- Realizar las observaciones de un proceso de forma discreta para que el operario no cambie su forma de trabajar con el fin de manipular los resultados de dicha observación. Otra alternativa es hacer bastantes observaciones para que el operario eventualmente se ajuste a su ritmo de producción normal y se obtengan resultados verídicos.

- Comprobar los resultados del rediseño de un proceso mediante la experimentación, pues ahí pueden surgir nuevos casos que anteriormente no se presentaban. Es necesario estar totalmente seguro que un cambio en un proceso será efectivo antes de proceder a implementarlo, para evitar conflictos con los operarios ya que ellos poseen un fuerte miedo al cambio. Así que si se está cambiando mucho el proceso debido a ajustes, el operario bajará su rendimiento debido a que ya no se sentirá cómodo con su trabajo.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blank, Lelan y Tarquin, Anthony. *Ingeniería Económica*. Editorial McGraw Hill, 6ta Edición.
- Chase, Richard; Jacobs, Robert y Aquilano Nicholas. Año 2009. *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*. Editorial McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. 776 páginas.
- Devore, Jay L. Año 2008. *Probabilidad y Estadística para Ingenierías y Ciencias*. Editorial CENGAGE Learning, 7ma Edición.
- Niebel, Benjamin y Freivalds, Andris. Año 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Editorial McGraw-Hill, Duodécima edición. 586 páginas.

### Referencias de internet

- Azarang, Mohammad. *Takt Time*. México. Documento en línea, disponible en: [http://lean.mty.itesm.mx/PDF/Takt\\_time.pdf](http://lean.mty.itesm.mx/PDF/Takt_time.pdf)
- Nebrera Herrera, Jaime. *Introducción a la Calidad*. Cuba. Publicación en línea, disponible en: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/infodir/introduccion\\_a\\_la\\_calidad.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/infodir/introduccion_a_la_calidad.pdf)
- Paredes Rodríguez, Francis. Julio 2007. *Preparación rápida de máquinas: El sistema SMED*. Lean manufacturing Center, Lima, Perú. Documento en línea, disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/SMED.pdf>
- *Productividad Laboral*. 2007. Portal en línea, disponible en: [http://www.productividad.org.mx/es/elementos\\_concep.aspx](http://www.productividad.org.mx/es/elementos_concep.aspx)
- Rodríguez Andujo, Aida. 2003. *Administración de la Calidad*. Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Documento en línea, disponible en: <http://firgoa.usc.es/drupal/files/a-calidad.pdf>
- Villanueva, José y del Vigo, Inmaculada. Febrero 2009. *Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED*. Documento en línea, disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/55/40/a40.pdf>

## **XI. ANEXOS**

## **Anexo 1. Operaciones y tiempos estándar para costura**

## Operaciones y tiempos estándar para costura

Operación de costura	Descripción	Tiempo de operación (min)
Jareta	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Montar zíper a la jareta	0.133
	Cortar zíper	0.050
	Colocar tope y carrito	0.100
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Limpiar jareta	0.167
	Trasladar pieza a la línea de ensamble delantero	0.021
Bolsas delanteras	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Hacer ruedo de bolsillo	0.117
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Marcar posición de bolsillo	0.108
	Montar bolsillo a bolsa delantera	0.183
	Refilar interior de bolsillo	0.117
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Montar bolsa delantera a manta	0.217
	Cerrar y sobrecoser bolsas de manta	0.367
Trasladar pieza a la línea de ensamble delantero	0.021	
Ensamble delantero	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Montar manta a panel delantero	0.300
	Sobrecoser bolsas delanteras	0.267
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Montar jareta a panel delantero izquierdo	0.283
	Montar jareta a panel delantero derecho	0.333
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Sobrecoser jareta	0.167
	Cerrar tiro delantero	0.433
	Trasladar pieza a la línea de ensamble	0.033
Cuchillas	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Hacer costura de contención en el superior de cuchillas	0.217
	Cerrar cuchillas	0.367
	Trasladar pieza a la línea de trasero	0.021
Bolsas traseras	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Hacer bordados a bolsas traseras	0.128
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Hacer ruedo de bolsas traseras	0.367
	Trasladar pieza a la línea de trasero	0.021

Operación de costura	Descripción	Tiempo de operación (min)
Ensamble trasero	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Marcar posición de bolsas traseras	0.175
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Montar bolsas traseras en paneles traseros	0.600
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Montar cuchillas a paneles traseros	0.217
	Cerrar tiro trasero	0.400
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Colocar atraques en bolsas traseras	0.300
	Trasladar pieza a la línea de ensamble	0.033
Pretina	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Pegar refuerzo de entretela en pretina	0.271
	Trasladar pieza a la línea de ensamble	0.013
Pasadores	Transportar las piezas cortadas a la estación de trabajo	0.010
	Refilar cinta de pasadores	0.300
	Cortar pasadores	0.267
	Trasladar piezas a la línea de ensamble	0.022
Ensamble del pantalón	Cerrar entrepierna	0.858
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Colocar etiquetas internas	0.117
	Cerrar costados	0.733
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Voltear prenda	0.100
	Hacer atraques de refuerzo	0.250
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Montar pretina	0.533
	Cerrar cuadros de pretina	0.233
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Atracar pasadores	0.750
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Hacer ruedos inferiores	0.383
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Inspeccionar pieza y cortar hilos salidos	0.367
	Pasar la pieza al siguiente operario	0.017
	Hacer ojal en pretina	0.217
	Colocar botón plástico en pretina	0.133
	Trasladar la pieza al área de pantalones rígidos	0.050

**Anexo 2. Registro de tiempos muertos en el proceso de lavandería**

### Registro de tiempos en el área de lavandería

*Tiempo teórico del proceso = 107.25 min*

Toma No.	Min	Seg	Total (min)	Diferencia (min)
1	123	45	123.75	16.50
2	122	11	122.18	14.93
3	130	2	130.03	22.78
4	116	5	116.08	8.83
5	120	53	120.88	13.63
6	125	26	125.43	18.18
7	119	18	119.30	12.05
8	115	1	115.02	7.77
9	126	2	126.03	18.78
10	126	54	126.90	19.65
11	125	25	125.42	18.17
12	124	17	124.28	17.03
13	117	35	117.58	10.33
14	115	56	115.93	8.68
15	120	22	120.37	13.12
16	114	59	114.98	7.73
17	127	8	127.13	19.88
18	131	7	131.12	23.87
19	122	39	122.65	15.40
20	130	47	130.78	23.53
21	118	24	118.40	11.15
22	126	15	126.25	19.00
23	126	29	126.48	19.23
24	132	0	132.00	24.75
25	125	49	125.82	18.57
26	113	48	113.80	6.55
27	117	59	117.98	10.73
28	129	56	129.93	22.68
29	117	49	117.82	10.57
30	123	36	123.60	16.35
31	122	7	122.12	14.87
32	118	29	118.48	11.23
33	129	39	129.65	22.40
34	122	19	122.32	15.07
35	120	22	120.37	13.12
36	119	56	119.93	12.68
37	121	45	121.75	14.50
38	128	17	128.28	21.03
39	126	30	126.50	19.25
40	122	56	122.93	15.68

**Anexo 3. Registro de tiempos muertos en el proceso de lavandería  
después de la implementación de mejoras**

### Registro de tiempos en el área de lavandería después de la implementación de mejoras

*Tiempo teórico del proceso = 107.83 min*

<b>Toma No.</b>	<b>Min</b>	<b>Seg</b>	<b>Total (min)</b>	<b>Diferencia (min)</b>
1	115	29	115.48	7.65
2	113	47	113.78	5.95
3	114	50	114.83	7.00
4	119	43	119.72	11.88
5	117	31	117.52	9.68
6	113	8	113.13	5.30
7	117	37	117.62	9.78
8	113	50	113.83	6.00
9	116	10	116.17	8.33
10	113	3	113.05	5.22
11	112	44	112.73	4.90
12	115	2	115.03	7.20
13	116	16	116.27	8.43
14	115	5	115.08	7.25
15	114	35	114.58	6.75
16	115	26	115.43	7.60
17	120	49	120.82	12.98
18	112	14	112.23	4.40
19	115	18	115.30	7.47
20	114	29	114.48	6.65
21	114	8	114.13	6.30
22	117	22	117.37	9.53
23	117	17	117.28	9.45
24	115	29	115.48	7.65
25	113	41	113.68	5.85
26	114	40	114.67	6.83
27	115	50	115.83	8.00
28	116	32	116.53	8.70
29	114	42	114.70	6.87
30	115	27	115.45	7.62
31	113	26	113.43	5.60
32	113	3	113.05	5.22
33	113	34	113.57	5.73
34	116	48	116.80	8.97
35	112	5	112.08	4.25
36	116	31	116.52	8.68
37	115	44	115.73	7.90
38	112	40	112.67	4.83
39	117	5	117.08	9.25

<b>Toma No.</b>	<b>Min</b>	<b>Seg</b>	<b>Total (min)</b>	<b>Diferencia (min)</b>
40	115	0	115.00	7.17
41	118	8	118.13	10.30
42	113	9	113.15	5.32
43	115	54	115.90	8.07
44	113	26	113.43	5.60
45	115	41	115.68	7.85
46	112	55	112.92	5.08
47	113	25	113.42	5.58
48	117	23	117.38	9.55
49	112	40	112.67	4.83
50	113	16	113.27	5.43
51	114	50	114.83	7.00
52	112	15	112.25	4.42
53	113	37	113.62	5.78
54	119	24	119.40	11.57
55	114	54	114.90	7.07
56	117	40	117.67	9.83
57	112	40	112.67	4.83
58	116	5	116.08	8.25
59	114	20	114.33	6.50

