



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED)
EN UN DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS**

Ing. Werner Heberto Espina García

Asesorado por el Msc. Ing. Eberto Espina Ruano

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED) EN UN
DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR

ING. WERNER HEBERTO ESPINA GARCÍA

ASESORADO POR EL MSC. ING. EBERTO ESPINA RUANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Mtro. Aura Marina Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED) EN UN DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha junio de 2013.

Ing. Werner Heberto Espina García

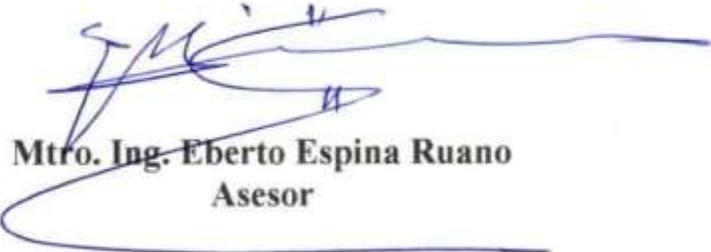
Guatemala, Septiembre de 2020

EEPFI-1098-2020

En mi calidad como Asesor del Ingeniero **Werner Heberto Espina García** quien se identifica con carné **100023399** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED) EN UN DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS”** quien se encuentra en el programa de **Maestría Artes en Gestión Industrial** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Eberto Espina Ruano
Asesor

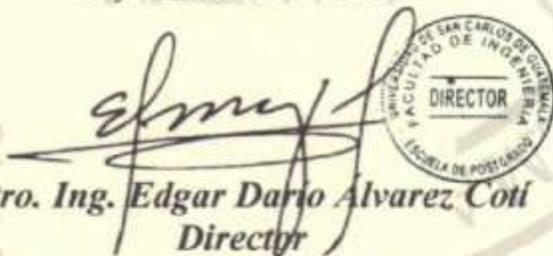
Guatemala, Septiembre de 2020

EEPM-1097-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED) EN UN DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS”** presentado por el **Ingeniero Werner Heberto Espina García** quien se identifica con Carné **100023399** correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



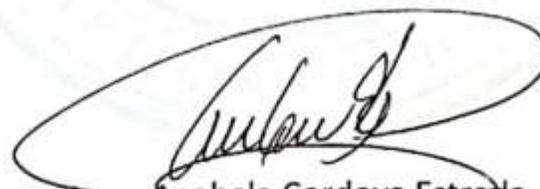
Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

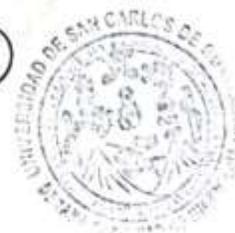
DTG. 234.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED) EN UN DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS**, presentado por el Ingeniero: **Werner Heberto Espina García**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, septiembre de 2020.

AACE/asga

Guatemala, Septiembre de 2020

EPPFI-1096-2020

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA (SMED) EN UN DEPARTAMENTO DE COSTURA, PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS”** presentado por el **Ingeniero Werner Heberto Espina García** quien se identifica con Carné **100023399**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

ACTO QUE DEDICO A

Dios	Por darme salud y sabiduría para poder realizar la presente tesis.
Mi esposa	Por ser paciente y amorosa en esta larga espera.
Mis hijos	Lissa Mariel, Werner y Anthony Miguel Espina Díaz, por servir de aliento cuando me sonrían.
Mi madre	Por su fidelidad y apoyo siempre.
MI padre	Por servir de meta académica.
Mis hermanos	Por llevar mi sangre.
Shigeo Shingo	Ingeniero Japonés (q. d. e. p), que inspiró con su descubrimiento, y que no supo del impacto en el tiempo que tuvo su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos De
Guatemala**

Por darme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por todos los conocimientos adquiridos.

Mis compañeros de trabajo

Por aportar sus habilidades y conocimientos que fueron vitales para la realización de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XV
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Historia de Manufactura Lean.....	3
1.3. Los siete desperdicios	3
1.4. SMED	5
1.4.1. Etapa preliminar	7
1.4.2. Primera etapa.....	7
1.4.3. Segunda etapa.....	8
1.4.4. Tercera etapa.....	9
1.5. Máquinas de costura	11
1.5.1. Máquina plana.....	11
1.5.2. Máquina <i>overlock</i>	13
1.5.3. Máquina collaretera.....	14
1.5.4. Máquina atracadora.	15
1.5.5. Máquina de ojal.....	16
1.6. Manufactura textil	17

1.6.1.	Exportaciones	18
1.6.2.	Competencia internacional.....	18
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.	Desglose de operaciones estilo NJ14T103C.....	23
2.2.	Balance de líneas de costura	24
2.3.	<i>Layout</i>	26
2.4.	Diagrama de operaciones de estilo	28
2.5.	Desglose de actividades generales en el cambio de estilo	30
2.5.1.	Desglose de actividades internas.....	31
2.5.2.	Desglose de actividades externas.....	32
2.6.	Análisis de las causas de retraso en los cambios	32
2.7.	Técnicas usadas en la implementación de SMED.....	35
2.7.1.	Separación de actividades internas y externas.....	36
2.7.2.	Preparación de actividades externas	36
2.7.3.	Preparación de actividades internas	36
2.7.3.1.	Conos de hilo	37
2.7.3.2.	Etiquetas	38
2.7.3.3.	Folder y accesorios	39
2.7.3.4.	<i>Mobilon</i>	40
2.7.3.5.	Serigrafía.....	41
2.7.3.6.	Sobrecostura de <i>rib</i>	42
2.7.3.7.	Unir hombros.....	43
2.7.3.8.	Pegar cuello	44
2.7.3.9.	Limpiar cuello	45
2.7.3.10.	Sobrecostura de cuello.....	46
2.7.3.11.	Cinta de cuello	47
2.7.3.12.	Pegar manga.....	48
2.7.3.13.	Cerrar costados + etiqueta	49

2.7.3.14.	Ruedo de manga	50
2.7.3.15.	Ruedo de fondo	51
2.8.	Análisis de muda general en mapa de procesos	52
2.9.	Conversión de actividades internas y externas	52
2.9.1.	Conos de hilo, etiquetas y <i>mobilon</i>	53
2.9.2.	Preparación de folder y espirales	55
2.9.3.	Preparación de máquina de <i>heat seal</i>	56
2.9.4.	Utilización de <i>check list</i>	56
2.10.	Implementación de actividades en paralelo.....	58
2.11.	Eliminación de ajustes, búsquedas y solicitudes	58
2.11.1.	Ajustes de prénsatela.....	59
2.11.2.	Ajustes de diferencial	61
2.11.3.	Ajustes de tensiones	63
2.12.	Eliminación de búsquedas.....	66
2.13.	Mecanización de operaciones	68
2.14.	Mejora en preparación de actividades internas	70
2.14.1.	Preparación de S.C de <i>rib</i>	70
2.14.2.	Preparación de unir hombros	71
2.14.3.	Preparación de pegar cuello	72
2.14.4.	Preparación de limpiar cuello	73
2.14.5.	Preparación de sobrecostura de cuello.....	74
2.14.6.	Preparación de pegar cinta de cuello.....	75
2.14.7.	Preparación de pegar manga.....	76
2.14.8.	Preparación de cerrar costados + etiqueta	77
2.14.9.	Preparación de ruedo de fondo.....	78
2.14.10.	Preparación de ruedo de manga.....	79
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	81
3.1.	Determinar el impacto en tiempo y porcentaje	81

3.1.1.	Histograma con curva normal	82
3.1.2.	Prueba de normalidad antes de SMED	83
3.1.3.	Prueba de confiabilidad antes de SMED.....	84
3.1.4.	Gráfico I-MR. Antes de SMED	85
3.1.5.	Estadística después de SMED.....	87
3.1.6.	Histograma con curva normal	88
3.1.7.	Prueba de normalidad.....	89
3.1.8.	Prueba de confiabilidad. Después de SMED	90
3.1.9.	Gráfico I-MR. Después de SMED	91
3.1.10.	Análisis de reducción de NVA.....	93
3.2.	Reducción en las demoras en la realización de cambios	94
3.3.	Reducir la cantidad de operaciones y desperdicios.....	95
3.4.	Implementar SMED en un departamento de costura	97
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	99
4.1.	Análisis interno	99
4.2.	Análisis externo	100
	CONCLUSIONES.....	101
	RECOMENDACIONES.....	103
	REFERENCIAS	105
	APÉNCIDE.....	109
	ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	SMED No.1.....	6
2.	SMED No.2.....	7
3.	SMED No.3.....	8
4.	Conversión de actividades No.1	9
5.	Conversión de actividades No.2	10
6.	Máquina plana	12
7.	Máquina <i>overlock</i>	13
8.	Máquina collaretera	14
9.	Máquina atracadora.....	16
10.	Máquina de ojal	17
11.	Fotos estilo NJ14T103C	22
12.	<i>Layout</i>	27
13.	Diagrama de operaciones.....	29
14.	Diagrama de Ishikawa	33
15.	Esquema SMED	35
16.	Separación de actividades internas y externas.....	36
17.	Mapa del proceso. Preparación de conos de hilo	37
18.	Mapa del proceso. Etiquetas.	38
19.	Mapa del proceso. Folder y accesorios.	39
20.	Mapa del proceso. <i>Mobilon</i>	40
21.	Mapa del proceso. Preparación de serigrafía	41
22.	Mapa del proceso. S.C de <i>rib</i>	42

23.	Mapa del proceso. Unir hombros.....	43
24.	Mapa del proceso. Pegar cuello	44
25.	Mapa del proceso. Limpiar cuello	45
26.	Mapa del proceso. S.C de cuello.....	46
27.	Mapa del proceso. Cinta de cuello	47
28.	Mapa del proceso. Pegar manga.....	48
29.	Mapa del proceso. Cerrar costados + etiqueta.....	49
30.	Mapa del proceso. Ruedo de manga.....	50
31.	Mapa del proceso. Ruedo de fondo.....	51
32.	Mapa del proceso mejorado. Conos de hilo, etiquetas y <i>mobilon</i>	54
33.	Ajuste de prénsatela en collaretera	60
34.	Ajuste de prénsatela en <i>overlock</i>	60
35.	Ajuste de diferencial en <i>overlock</i>	61
36.	Ajuste de diferencial en collaretera.....	62
37.	Ajuste de diferencial en <i>overlock</i>	63
38.	Ajuste de tensiones en collaretera.....	65
39.	Ajuste de tensiones en <i>overlock</i>	65
40.	Vista de planta e isométrico ajuste de tensiones en <i>overlock</i>	66
41.	Mueble para agujas y <i>gauges</i>	67
42.	Mueble para fólder y espirales I.....	67
43.	Herramienta de sujeción rápida.....	68
44.	Lámpara con lupa.....	69
45.	Mapa del proceso mejorado. S.C de <i>rib</i>	70
46.	Mapa del proceso mejorado. Unir hombros.....	71
47.	Mapa del proceso mejorado. Pegar cuello	72
48.	Mapa del proceso mejorado. Limpiar cuello	73
49.	Mapa del proceso mejorado. S.C de cuello.....	74
50.	Mapa del proceso mejorado. Pegar cinta de cuello.....	75
51.	Mapa del proceso mejorado. Pegar manga.....	76

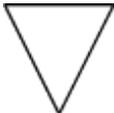
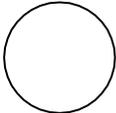
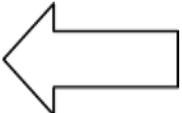
52.	Mapa del proceso mejorado. Cerrar costados + etiqueta	77
53.	Mapa del proceso mejorado. Ruedo de fondo	78
54.	Mapa del proceso mejorado. Ruedo de manga.....	79
55.	Histograma de <i>lead time</i> . Antes de SMED	83
56.	Prueba de normalidad. Antes de SMED	84
57.	Prueba de confiabilidad. Antes de SMED.....	85
58.	Gráfico I-MR. Antes de SMED	87
59.	Histograma de <i>lead time</i> . Después de SMED	89
60.	Prueba de normalidad. Después de SMED	90
61.	Prueba de confiabilidad. Después de SMED.....	91
62.	Gráfico I-MR. Después de SMED.....	93
63.	Gráfico antes y después del cambio.....	94

TABLAS

I.	Desglose de operaciones	23
II.	Balance de líneas	25
III.	Desglose de actividades generales	30
IV.	Actividades internas antes de SMED.....	31
V.	Ponderación de diagrama de Ishikawa.....	34
VI.	Muda general. Antes de SMED	52
VII.	Conversión de actividades.....	53
VIII.	Máquinas que utilizan folder y espirales.....	55
IX.	Formato de captura de actividades y tiempos, SMED.....	57
X.	Implementación en paralelo	58
XI.	Máquinas overlock y collareteras.....	59
XII.	Tensiones.....	64
XIII.	Mapa de procesos mejorado	81
XIV.	Estadística antes de SMED	82

XV.	Cálculo de límites. Antes de SMED. Gráfico I-MR.....	86
XVI.	Estadística después de SMED	88
XVII.	Tabla de cálculo de límites. Después de SMED. Gráfico I-MR	92
XVIII.	Guía técnica	95

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Almacenamiento
	Demoras
	Operación (Utilizado en diagrama de operaciones)
	Operación (Utilizado en diagrama de proceso)
	Transporte

GLOSARIO

Diferencial	Diente auxiliar que transporta el material en la máquina de coser.
<i>Folding</i>	Proceso de doblar, etiquetar y embolsar prendas de vestir previo al empaque final en cajas de cartón.
<i>Heat seal</i>	Máquina de sellado térmico por transmisión de calor, usada para la colocación de serigrafía.
<i>Kaizen</i>	Palabra en japonés que significa mejora.
<i>Layout</i>	Esquema de distribución de máquinas y operaciones de costura visto de planta.
<i>Lead time</i>	Es el tiempo total del proceso incluyendo muda.
Lean Manufacturing	Manufactura esbelta. Se refiere a la eliminación de desperdicios en el proceso productivo.
<i>Mending</i>	Departamento de zurcido.
<i>Mobilon</i>	Cinta transparente que se usa en la operación de unir hombros en una máquina <i>overlock</i> .
Muda	Palabra en japonés que significa desperdicio.

NVA	No valor agregado. En inglés <i>non value added</i> .
SAM	<i>Standard allowance minute</i> (tiempo estándar necesario para confeccionar una prenda de vestir).
S.C.	Abreviación de la operación de sobrecostura de cuello.
Set-up	Calibración de máquina de costura.
SPI	<i>Stich per inches</i> (puntadas por pulgada).
SMED	<i>Single minutes exchange of die</i> (cambio de herramientas en un solo dígito de minuto).
Tensiones	Es el nivel de fuerza que tienen que tener los botones de las máquinas <i>overlock</i> y collareteras con respecto al hilo que pasa por ellas para poder tensionar la máquina y así evitar que la costura quede floja, lo cual repercute en costuras abiertas y muy tensionadas, así como en el defecto de puntada rota a lo largo del proceso.
Tiempo de ciclo	Tiempo total de los procesos que incluyen VA y NVA.
VA	Valor agregado. En inglés <i>value added</i> .
WE	En inglés es la abreviación de la palabra <i>week ending</i> , que significa finalización de la semana.

RESUMEN

La presente investigación es una sistematización porque hace referencia a la implementación de SMED, que es una técnica desarrollada en Japón que reduce los tiempos muertos por cambios de formatos o estilos, inventada por el ingeniero Japonés Shigeo Shingo en el año 1950.

Se tiene el problema de tiempos muertos por cambio de estilo con un total de 17,38 horas, en una fábrica que está en el ramo de manufactura textil, lo cual causa problemas para exportar conforme el plan de producción, y repercute en que la empresa pague multas por no poder cumplir a tiempo con las exportaciones.

Se hace un diagnóstico en donde se grafican diagramas de ingeniería industrial al estilo NJ14T103C para entender todos los componentes y máquinas que se utilizan para la confección del mismo.

Se hacen diagramas de flujo del proceso por cada actividad de cambio del estilo, luego se aplican mejoras a cada uno aplicando SMED y se vuelven a hacer todos los diagramas pero ya mejorados. También se hace un manual del estilo en donde se detallan los tipos de máquinas y accesorios para que al momento de volver a producir el estilo NJ14T103C se tenga toda la información técnica que se necesita.

Se hace análisis de reducción de *lead time* y transportes por medio de tablas y estadística descriptiva utilizando software especial para manufactura esbelta.

Los resultados de la investigación demuestran una reducción de un 59 % en el *lead time* (tiempo total del cambio), cuando antes eran 17,38 horas para un cambio del estilo, que luego se reducen a 7,08 horas. Los transportes se reducen un 47 % ya que se hacen actividades en paralelo y previas al cambio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Problema

El Departamento de Costura tiene demoras por cambios en el estilo NJ14T103C tipo *crew neck*.

- Descripción del problema

El problema repercute negativamente en el cliente externo, porque se necesita mantener un flujo continuo en las operaciones para alcanzar la meta propuesta y no tener demoras en las exportaciones.

- Formulación del problema

- Pregunta central

¿En qué medida la aplicación de SMED en el Departamento de Costura reduce los tiempos muertos por cambios de estilo?

- Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las causas de los retrasos en los montajes de nuevos estilos?

- ¿La reducción de operaciones y desperdicios contribuye en la implementación con éxito de SMED?
- ¿Cómo reducir los desperdicios para minimizar el tiempo en cambio de estilo?

Los pasos para contestar a las preguntas anteriores se hacen por medio de un marco teórico, que sirve como referencia científica, luego el desarrollo de la investigación, evaluar resultados para hacer conclusiones y recomendaciones.

La viabilidad y el apoyo de la Gerencia General son necesarias para que la implementación sea exitosa.

OBJETIVOS

General

Implementar la herramienta de manufactura esbelta (SMED) en un Departamento de Costura, con el fin de reducir tiempos muertos.

Específicos

- Determinar el impacto de las causas en tiempo y porcentaje de la implementación de SMED.
- Determinar la reducción de las demoras en la realización de cambios de estilo en el Departamento de Costura.
- Reducir la cantidad de operaciones y desperdicios para minimizar el tiempo muerto por cambio de estilo.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Enfoque: mixto, porque tiene variables cuantitativas y cualitativas.
- Diseño de investigación

No experimental, porque no se manipulan variables y se describe cada una de las actividades de todos los hallazgos que se encuentren en el momento de la recolección de los datos que sirven para un posterior análisis. Cada actividad que componga el proceso de cambio de estilo es descrita analizando si agrega o no valor a la operación de cambio.

- Tipo de investigación

Descriptivo porque se recolectan datos en un único momento, o en rango de tiempo corto, por lo que se toma una muestra para el análisis que sea representativa de la población.

- Alcance de la investigación

Descriptivo y explicativo, porque su implementación se realizó con suficiente información detallada de todos los eventos. Se realiza *in situ* (en el lugar de trabajo), observando y analizando información obtenida en el momento en que se realizan los hechos. Por medio de fases se explica la metodología involucrada en el proceso de investigación.

- Fase 1. Revisión documental

Se hizo investigación acerca de la implementación de SMED realizada por parte del ingeniero japonés Shigeo Shingo en las fábricas de automóviles, en donde se estudiaron todas las fases de la implementación. Las opiniones de investigadores que detallan su experiencia en la implementación, las cuales se pueden consultar en los antecedentes del marco teórico, fueron también importantes para el desarrollo de la investigación.

- Fase 2. Diagnóstico para determinar las causas en las demoras de los cambio de estilo

Se utilizó herramienta para hacer análisis de causa raíz, que es el diagrama de Ishikawa, el cual se estructura en 5M que son mano de obra, métodos, materiales, maquinaria y medio ambiente. A partir de las 5M se listaron todas las posibles causas de las demoras en los cambios de estilo. Se hizo ponderación para cada causa y por último se colocaron las tres con mayor ponderación. El detalle se presenta en el capítulo II.

- Fase 3. Determinar la reducción de las demoras en los cambios de estilo

Se realizó análisis por medio de diagramas de flujo de proceso para cada actividad que se realiza en los cambios, los transportes y las demoras son analizados en distancia y tiempo, luego se hicieron los diagramas ya con las mejoras realizadas en cada proceso.

- Fase 4. Reducir la cantidad de operaciones a través de la utilización de la herramienta SMED

Se realizó por medio de los diagramas de flujo de proceso la reducción de operaciones y desperdicios, aplicando los pasos de la metodología. La muestra para la implementación fue una línea de producción en convenio con la gerencia.

- Variables independientes

A continuación se listan las variables a tomar en cuenta.

- Búsquedas
- Reajustes
- Solicitudes

- Variables dependientes

A continuación se listan las variables a tomar en cuenta:

- *Lead time*
- Demoras
- Desperdicios

INTRODUCCIÓN

La técnica de reducción de tiempos muertos por cambios de estilo SMED merece una investigación a profundidad, porque en el sector industrial guatemalteco es muy poco conocida y casi no ha sido implementada, por lo que resulta curioso saber más sobre metodologías que han funcionado en otros países.

Se toma la decisión de investigar la funcionalidad de SMED porque la tendencia de la industria en la actualidad y a futuro es una producción con muchos cambios de estilos y formatos, con corridas de producción cortas, por lo que el sistema obliga a implementar nuevos métodos de producción para así prevenir incrementos en los tiempos muertos.

El objetivo es reducir tiempos muertos por concepto de cambios de estilo, por lo que se hace un análisis estadístico profundo para poder concluir la funcionalidad en el sector de manufactura textil. La investigación se desarrolla en cuatro capítulos:

- Capítulo I. Marco teórico. Se muestran los conceptos de manufactura esbelta y cómo fue inventado SMED, así también se muestra a detalle todos los pasos necesarios para una implementación exitosa, la cual fue inventada por el ingeniero japonés Shiguo Shingo (q. d. e. p).
- Capítulo II. Desarrollo de la investigación. Se evalúa el estilo con todas sus partes, se hacen diagramas de ingeniería industrial para hacer cálculo de máquinas y operarios. Por aparte se hace análisis de causa raíz del

problema de tiempo muerto por cambio de estilo, utilizando diagrama de Ishikawa.

Se empieza la implementación y se hacen las tres etapas (separación de actividades internas y externas, convertir las actividades internas a externas y perfeccionamiento en las actividades internas y externas). Se analizan las mejoras con comparaciones del antes y después por medio de diagramas del flujo del proceso de cambio y de la mejora en la reducción de tiempos muertos.

- Capítulo III. Presentación de resultados. Se hace una tabla comparativa de los procesos mejorados, haciendo análisis de la reducción en tiempo y distancia, se hace análisis de estadística descriptiva y uso de gráficas de barras, histogramas con curva normal, pruebas de normalidad, entre otros. Se desarrolla una guía técnica de estilo y se listan las reducciones de operaciones que no agregan valor.
- Capítulo IV. Discusión de resultados. Se hace un análisis interno y externo de los resultados obtenido

1. MARCO TEÓRICO

Se hace referencia científica en cuanto a la historia de Lean Manufacturing, el nacimiento que esta tuvo en Japón después de la Segunda Guerra Mundial, el surgimiento de SMED desarrollado por el ingeniero Shigeo Shingo y los beneficios que esta técnica tiene para poder reducir los tiempos muertos por cambios de estilo o formato, aplicables a cualquier industria.

Los 7 desperdicios son un problema que causa variabilidad y exceso en las demoras, los cuales tienen que ser reducidos al máximo o buscar su eliminación total, por medio de las herramientas que ofrece Lean Manufacturing, entre las cuales figura SMED.

Las máquinas de costura que se utilizan en el proceso de confección son varias, entre las cuales se tienen las máquinas planas, *overlock*, collareteras, atracadoras y ojal. Es muy importante identificarlas físicamente y sobre todo saber el tipo de operaciones que son adecuadas por cada tipo de máquina, así conocer todos los detalles técnicos de las partes que componen cada una de las mismas. Conocimiento técnico muy útil para el ingeniero industrial.

1.1 Antecedentes

En el sector de manufactura textil la reducción de tiempos muertos para el departamento de costura es sumamente importante, debido a la necesidad imperante que se tiene por alcanzar las metas de producción, esto hace que los mandos medios estén controlando cada uno de los recursos disponibles (materia prima, mano de obra, maquinaria, equipo y tiempo) para que los mismos sean

maximizados y así alcanzar dicha meta y obtener beneficios económicos. Gómez (2012) indicó “que se logró demostrar la eficiencia de la metodología SMED” (p.15).

La fábrica en la cual se hace el estudio cuenta con doce líneas de producción que alrededor de cada mes hacen cambios de estilo para cada una de las mismas, por lo que en las fechas del cambio se tiene planificada una caída drástica en la productividad y esto hace que cada supervisor vea el cambio de estilo como una actividad no deseada, por la pérdida de productividad.

Las herramientas de manufactura esbelta, en específico la técnica SMED (*single minute exchange of dies* o cambio de herramientas en un solo dígito de minuto), es una herramienta que incrementa la productividad en la que Deming (1982) estableció que la productividad “progresas al reducir la variación” (p.2). Por lo que las técnicas de manufactura esbelta reducen gradualmente la variabilidad.

SMED es una técnica en la que Shigeo Shingo (1985) indicó que “Toyota redujo el montaje de máquinas troqueladoras de 4 horas a 3 minutos” (p.5), por lo que teniendo ya antecedentes de éxito en otro tipo de industria es cuestión de adaptar las mismas al departamento de costura.

En referencia a estudios previos, Grzybowska (2012) indicó que “la aplicación de SMED no es tarea fácil” (p.9), que es necesario realizar una serie de pasos que harán que sea más fácil de realizar el SMED, por lo que internacionalmente se han hecho ensayos en los que se indica que el camino no es fácil para alcanzar los objetivos. Ortiz e Illada (2009) indicaron en sus conclusiones que se redujeron en al menos un 15 % los tiempos de preparación

al aplicar la metodología.

1.2 Historia de Manufactura Lean

En la fábrica de automóviles Toyota, luego de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno empezaron con este concepto. Después de la guerra mundial Ohno visitó Estados Unidos en donde estudió las filosofías de Frederick W. Taylor y Henry Ford, Ohno se impresionó con el énfasis excesivo que los estadounidenses tenían acerca de la producción en masa y el nivel de desperdicio que generaban las industrias en el país más rico de la postguerra. Luego Ohno se unió con su colega Shigeo Shingo para crear el sistema de manufactura de la Toyota Production System (TPS).

James Womack y Daniel Jones (2003) indican que en el otoño de 1990 hicieron un viaje alrededor de varias industrias a nivel mundial en donde se daba un mensaje de alerta a dichas organizaciones acerca de que la producción en masa ya estaba siendo una vieja moda y que el concepto de Lean estaba tomando un crecimiento significativo.

1.3 Los siete desperdicios

Los desperdicios en las industrias de manufacturas son 7 y es necesaria su eliminación o reducción. También se les considera como actividades que no generan valor (mudas). “La eliminación de desperdicio de todo tipo es la ideología profunda tras el justo a tiempo. Shigeo Shingo, una autoridad JIT (justo a tiempo), “identificó los siete desperdicios que deben eliminarse” (Frazier y Gaither, 2000, p. 524).

Manufactura Lean significa menos de muchas cosas, menos

desperdicios, tiempos de ciclo más cortos, menos proveedores, menos burocracia. (Sayer y Williams 2012, p.12). A continuación se detalla cada uno de los mismos:

- Sobreproducción

Es procesar artículos más temprano o en mayores cantidades que las requeridas por el cliente. Es la causa de la mayoría de los otros desperdicios.

- Tiempo de espera

Se efectúa cuando existen operarios esperando el flujo de material, cuando existen averías de máquinas.

- Transporte

Se da cuando se mueve trabajo en proceso (WIP), de un lado a otro, o mover materiales, materia prima, partes o producto terminado hacia y desde almacenamiento.

- Sobre procesamiento

Se puede considerar que se efectúa cuando se toman pasos innecesarios para procesar artículos o proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente.

- Inventarios innecesarios

Cuando existe excesivo almacenamiento de materia prima, producto en

proceso y producto terminado.

- Defectos

Repetición o corrección de procesos, retrabajo en productos y productos devueltos.

- Movimientos innecesarios

Cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto.

1.4 SMED

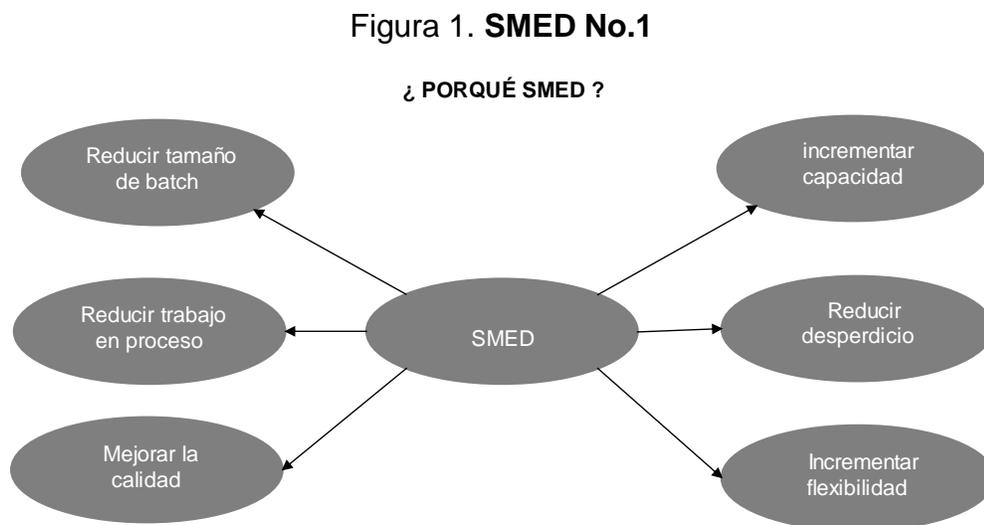
“Es importante reducir los tiempos de preparación, disminuir el tamaño de los lotes y las cargas al mismo tiempo” (Shingo Shigeo, 1985, p.15). Este término se refiere a la teoría y las técnicas para la realización de un montaje o cambio en una máquina en menos de 10 minutos.

El sistema SMED fue descubierto por el ingeniero mecánico Shigeo Shingo de la Japan Management Asociación, en el año 1950, cuando analizando los trabajos de prensa en Toyo Kogyo percibe que una operación de cambio de trabajo está compuesta de preparación interna o cambio de trabajo interno (CTI) y preparación externa o cambio de trabajo externo (CTE). Al clasificar la secuencia de actividades pertenecientes al cambio de trabajo en CTI y CTE, logró un porcentaje de eficiencia del 50 % en la máquina, eliminando con esto cuellos de botella generados por acumulación de lotes entrantes del proceso anterior, luego perfeccionó la técnica hasta lograr cambios

en tan solo minutos. El sistema SMED es una aproximación científica a la reducción de tiempo de preparación que puede ser aplicado en cualquier fábrica y a cualquier máquina.

The Productivity Press Development Team (1996) indica que las primeras aplicaciones fueron en la fábrica de automóviles Toyota, en la que se redujo el ajuste del tiempo de una máquina de troquel de 1,000 toneladas de cuatro horas a tres minutos.

SMED es una herramienta de manufactura esbelta que ha tenido éxito en la realización de cualquier cambio de herramientas o estilos de producción (manufactura textil) que se realice en la industria. A continuación se presenta un gráfico que indica las principales razones para aplicar esta mejora.



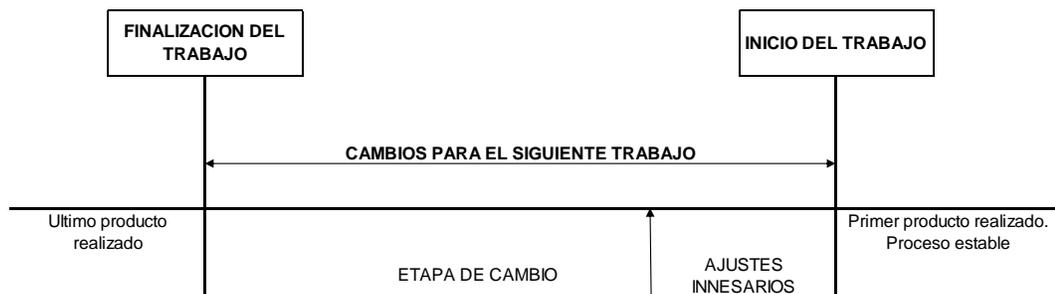
Fuente: TPM. (2019). *Módulo TPM quick changeover, training pack.*

La figura 1 tiene la solución en el centro (SMED) a los cambios de estilo, y a los efectos positivos que se pueden tener luego de la implementación.

1.4.1. Etapa preliminar

El diagnóstico es importante realizarlo, midiendo y analizando el método actual que se tiene para realizar cambios de estilo y así poder cuantificar actividades y tiempos. A continuación se presenta el grafico inicial de un proceso de cambio de estilo, donde no se ha realizado ninguna mejora.

Figura 2. **SMED No.2**



Fuente: elaboración propia.

La figura 2 hace énfasis en la implementación de la metodología, desde el estilo anterior hasta que se tiene el proceso estable del siguiente estilo, teniendo en su parte central la relación existente entre la etapa del cambio y los ajustes a realizar. También indica los tiempos de finalización del trabajo antes de la implementación y el inicio del siguiente trabajo en el cual se observa la etapa del cambio y los ajustes.

1.4.2. Primera etapa

Al momento de tener todas las actividades o el desglose de operaciones se tiene que separar cada una de las mismas, indicando si se hacen cuando la máquina está detenida (interna) o en operación (externa).

Figura 3. **SMED No. 3**



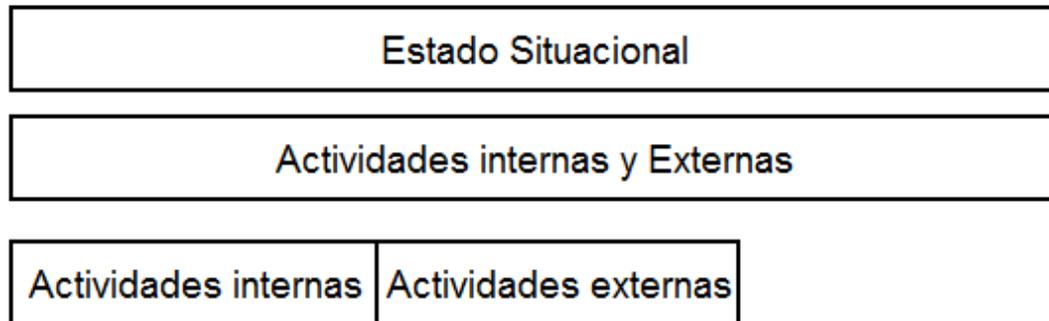
Fuente: elaboración propia.

En la figura 3, a diferencia de la figura 2, se esquematizan las actividades internas y externas.

1.4.3. Segunda etapa

Para toda actividad interna (máquina detenida) tiene que investigarse el método de trasladarla(s) a una actividad externa (máquina en movimiento) para así reducir al máximo el *set-up*.

Figura 4. **Conversión de actividades No.1**



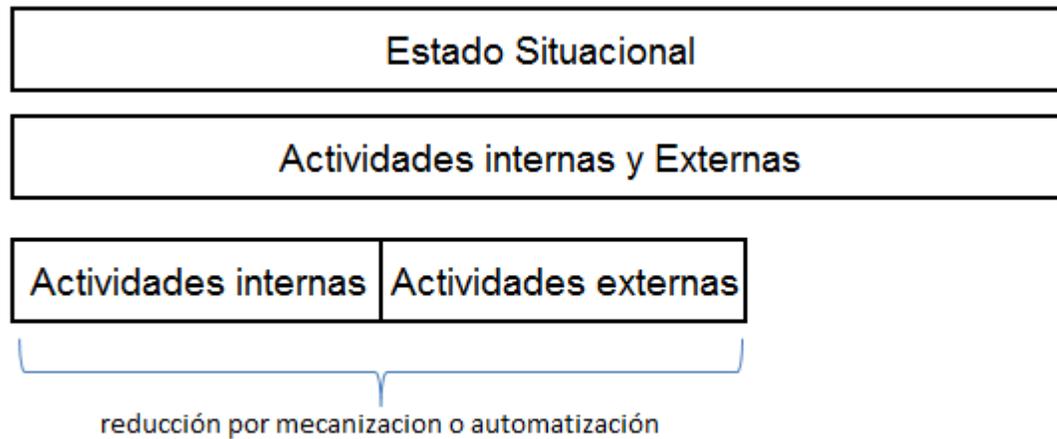
Fuente: TPM. (2019). *Módulo TPM Quick changeover, training Pack.*

La figura 4 presenta el estado actual del cambio y luego cómo van trasladándose las actividades internas a externas en cuanto al avance de la implementación.

1.4.4. Tercera etapa

Esta fase es muy importante debido a que la misma tiene referencia con la mecanización y automatización de las actividades con el objetivo de perfeccionarlas al máximo nivel. Por lo que las actividades internas y externas tienen que ser perfeccionadas creando un círculo de mejora continua. En esta etapa es donde se tiene que invertir dinero porque hay que automatizar actividades.

Figura 5. **Conversión de actividades No. 2**



Fuente: TPM. (2019). *Módulo TPM Quick changeover, training Pack*.

La figura 5 presenta cómo se pueden seguir reduciendo las actividades internas y es por medio de mecanización o automatización, donde por medio de herramientas con tecnología de punta se puede seguir reduciendo tiempos.

La meta de los japoneses es alcanzar cambios en menos de tres minutos y están mejorando sus *layout* sin incurrir en costos. (Sekine y Arai, 1992 p.21).

La reducción del *set-up* es un concepto que envuelve a tres componentes básicos: la simplificación, comunicación efectiva y extremo seguimiento con pasión y disciplina a los procesos. (Birmingham y Jelinek, 2007 p.1)

1.5. Máquinas de costura

A continuación se listan las máquinas de costura que se utilizan en una fábrica para la confección de prendas de vestir, debe tomarse en cuenta que estas máquinas son las más comunes en Guatemala, y son las necesarias para la realización de estilos básicos.

1.5.1. Máquina plana

Máquina que se utiliza en el sector de manufactura textil, para poder realizar operaciones en donde la costura de la misma tiene una forma alargada, y se puede utilizar para la ejecución de pegado de etiqueta, unir puño y realizar ciertos tipos de remates de ruedo o puños. En las fábricas que operan en Guatemala es de las máquinas más comunes debido a su gran utilización en operaciones básicas de costura.

Figura 6. **Máquina plana**



Fuente: *Máquina plana*. (2020).Recuperado de https://www.google.com/search?q=maquina+plana&sxsrf=ALeKk00w2EWss6WETMF5RH_pRQw1glCyOg:1592880121210&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwirja3u9JbqAhVFUt8KHcwtCYsQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=657

La figura 6 muestra el isométrico de la máquina, así como el mueble (cama plana).

1.5.2. Máquina *overlock*

Una costura tipo *overlock* se realiza sobre el borde de una o dos piezas de tela para definir el borde, o bien para unirlos. Por lo general este tipo de máquina corta los bordes de la tela a la vez que le son insertados. Las mismas son de alta velocidad, típicamente entre 6 000 a 8 000 rpm, y la mayoría son utilizadas en la industria textil para tratar bordes de telas y coser diversas telas y productos. Las máquinas de costura *overlock* son versátiles y se las puede utilizar para decoración, refuerzo o construcción.

Figura 7. Máquina *overlock*



Fuente: *Máquina overlock*. (2019). Recuperado de.

https://www.google.com/search?q=maquina+overlock&tbm=isch&ved=2ahUKEwjy4K3-y5jqAhUqQDABHer2CKsQ2-cCegQIABAA&oq=maquina+overlock&gs_lcp=CgNpbWcQAzICCAyAggAMgIIADICCAyAggAMgIIADICCAyAggAMgIIADICCA6BAgjECc6BAgAEEM6BQgAELEDUNjIBViSiQZgn5EGaABwAHgAgAGZAogBIBiSAQYwLjE2LjOYAQCgAQGqAQtd3Mtd2l6LWltZw&sclient=img&ei=jE3yXvLqF6qAwbkP6u2j2Ao&bih=657&biw=1366

La máquina *overlock* consta de 4 botones, que es donde se hacen pasar los hilos para graduar tensiones, y la barra de presión, que es donde se hace esfuerzo en el prénsatela para que pueda pasar la misma y así se puedan coser las partes.

1.5.3. Máquina collaretera

Es utilizada para colocar collarete con doble doblado y un solo doblado en el contorno del cuello. Esta máquina es apropiada para varios tipos de tela. En la industria guatemalteca de manufactura textil se utilizan para realizar sobrecosturas, ruedos de fondo y de manga para *t-shirt*. Presenta las siguientes características:

- Es regulable para diferentes puntadas como: decorados con 2 ó 3 agujas.
- Para evitar accidentes al momento de confeccionar tiene protector de agujas.
- Son excelentes para hacer costuras angostas con acabados en gran variedad de telas.

Figura 8. Máquina collaretera



Fuente: *Máquina collaretera*. (2019). Recuperado de.

<https://www.google.com/search?q=maquina+collaretera&sxsrf=ALeKk02oA38oriezKgbpN6Ywa4GgXoP77A:1592937864338&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwih-bX8y5jqAhVBnuAKHcOkCkQAUoAXoECA0QAw&biw=1366&bih=657>

La figura 8 muestra la máquina collaretera que es útil en cualquier fábrica de manufactura textil, para poder hacer ruedo de fondo, ruedo de manga y otros, además de los que se listan en la parte de arriba.

1.5.4. Máquina atracadora

Es utilizada para realizar las puntadas de seguridad (remates), de interiores y bóxer infantil, pegar etiquetas de bóxer, puntadas de seguridad de tops, entre otros, siendo sus características principales:

- Fácil de manejar
- Es regulable para varios tipos de puntadas con su tablero electrónico
- Obtiene cortador de hilo automático

Figura 9. **Máquina atracadora**



Fuente: *Máquina atracadora*. (2019). Recuperado de

https://www.google.com/search?xsrf=ALeKk03asCXidwQjKZNj7JGwsFyZMYI81g%3A1592937546714&ei=SkzyXrCSK4W3gqeKpJwBw&q=maquina+atracadora&oq=maquina+atracadora&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQARgAMgIIADIHCAAQFBCHAjICCAAYAggAMgIIADICCAAyAggAMgclABAUElcCMgIIADoECAAQRzoECCMQJ1DO8QNY6YQEYMOQBGgAcAF4AIABzAGIAd4PkgEGMC4xMi4xmAEAoAEBqgEHZ3dzLXdpeg&scient=psy-ab

La figura 9 muestra la máquina atracadora que es útil para hacer atraques para evitar que se deshagan las costuras hechas previamente y así tener mejores acabados y evitar que exista deshilado de las costuras.

1.5.5. Máquina de ojal

Esta máquina tiene una función específica que es la de hacer el ojal de pantalones o *shorts*. La misma cuenta con un pie con medidas que se ajustan a la longitud del ojal que se desea hacer. El procedimiento de la costura es colocar la prenda abajo del pie de la máquina, luego bajar el mismo y empezar a maniobrar la máquina que coserá los extremos del ojal y luego con una cuchilla. Se le puede hacer la hendidura para que el botón entre directamente en el agujero efectuado.

Figura 10. **Máquina de ojal**



Fuente: *Máquina de ojal*. (2019).Recuperado.

<https://www.google.com/search?q=maquina+de+ojal&oq=maquina+de+ojal&aqs=chrome.0.0l8.3380j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

La figura 10, que se presenta en marca JUKI, no tiene un uso intenso porque se les requiere para hacer camisas tipo polo.

1.6 Manufactura textil

Actualmente, según la Asociación del Vestuario Textil (VESTEX), existen en Guatemala 179 empresas (formalmente registradas en VESTEX) en las que se maquilan telas de tejido de punto, tela con hilaza teñida, tela cruzada o sarga, tejido de propósito especial, tela Oxford, telas de hilaza hecha con filamento artificial, dril, entre otros. El 80 % de la producción textil del país se destina a los mercados de exportación como Estados Unidos de Norteamérica, México y Centroamérica.

La materia prima nacional representa el 30 % del valor total de las exportaciones. Guatemala cuenta con el sector más diverso de la región

centroamericana como: bordado, serigrafía, lavandería, teñido, laboratorios, entre otros.

1.6.1 Exportaciones

Las exportaciones por concepto de manufactura textil en el país fueron de US\$ 1,644 millones de dólares, equivalente al 20 % del total exportado para el año 2019.

1.6.2 Competencia internacional

Estados Unidos es uno de los mayores consumidores de vestuario a nivel mundial, por lo que la cercanía de Guatemala con este gigante de América del norte tiene al país con una amplia ventaja competitiva con respecto a países asiáticos y del resto de América, pero la ventaja solo se genera en el factor de cercanía porque las estadísticas demuestran que los países del DR-CAFTA tienen una participación en EEUU del 12,55 % mientras que el 87,45 % es de otras procedencias. Según VESTEX (2019) la participación de países en el mercado de EEUU por metro cuadrado se desglosa a continuación:

- China: 40,54
- Vietnam: 8,37
- Honduras: 5,06
- México: 3,92
- El Salvador: 3,27
- Nicaragua: 1,73
- Guatemala: 1,39
- Haití: 1,16

- Costa Rica: 0,28

Como se puede observar en el análisis anterior, Guatemala es el penúltimo lugar de los países de Centroamérica que genera impacto en el mercado anglosajón, por lo que la reducción del costo de la mano de obra de otros países y de políticas de apertura de fronteras para inversionistas extranjeros, demuestran que Guatemala se va quedando rezagada en función del tiempo.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La empresa en la que se está implementando la metodología SMED actualmente cuenta con una fábrica que ha trabajado todas sus órdenes de producción con base en una vasta experiencia por parte de sus colaboradores, jefaturas y gerencias. A continuación se listan los departamentos que tiene la empresa:

- Bodega de telas
- Bodega de accesorios
- Inspección de telas
- Departamento de corte
- Laboratorio de telas
- Departamento de costura
- Primera inspección
- Plancha
- Segunda inspección
- *Folding*
- Empaque
- Lavandería
- *Mending*
- Desmanche
- Muestras
- Taller

Actualmente en la fábrica se trabaja con los siguientes clientes:

- Wal-Mart
- Kohls
- JC Penney

Los cuales están exigiendo a la empresa que sus procesos se apeguen a la excelencia en la manufactura. Por lo que se están implementando técnicas de manufactura esbelta, para poder reducir el tiempo muerto al momento de tener un cambio de estilo que actualmente tiene un tiempo promedio de 17,38 horas, lo cual es dañino para alcanzar metas de eficiencia y de costo por unidad. El presente estudio se toma de un estilo que tiene alta demanda para que el impacto en la mejora fuera significativo, por lo que se opta por el estilo NJ14T103C, en cual se desglosa en la figura 11.

Figura 11. **Fotos estilo NJ14T103C**



Fuente: elaboración propia.

La figura 11 muestra el diseño del producto que se está analizando en ambas partes, se puede apreciar que es un estilo básico, pero que se requieren altos volúmenes de producción.

2.1 Desglose de operaciones del estilo NJ14T103C

A continuación se presenta la tabla I, en donde se realiza un desglose de todas las operaciones:

Tabla I. **Desglose de operaciones**

No.	Desglose de operaciones	Máquina
1	S.C de Rib	Collaretera
2	Pegar serigrafía	<i>Heat seal</i>
3	Unir hombros	<i>Overlock</i>
4	Pegar cuello	<i>Overlock</i>
5	Limpiar cuello	<i>Overlock</i>
6	S.C de cuello	Collaretera
7	Pegar cinta de cuello	Cerradora
8	Pegar manga	<i>Overlock</i>
9	Cerrar costados + etiqueta	<i>Overlock</i>
10	Ruedo de manga	Collaretera
11	Ruedo de fondo	Collaretera

Fuente: elaboración propia.

La tabla I hace desglose de todas las operaciones de costura del estilo, siendo en total 11 con sus respectivas máquinas de costura.

2.2 Balance de líneas de costura

A continuación se presenta balance de líneas efectuado por el departamento de ingeniería, en la tabla II, donde se indica la cantidad necesaria de operarios para alcanzar la meta de producción, que fue calculada con base en las fechas de exportación del producto. Un balance de líneas bien ejecutado se tiene que realizar teniendo previamente un tiempo estándar, que en el medio de manufactura textil se entiende como SAM (*standard allowance minute*, tiempo estándar en minutos).

Tabla II. **Balance de líneas**

No.	Desglose de operaciones	Máquina	Tiempo normal	SAM	Operarios teóricos	Operarios reales
1	S.C de <i>rib</i>	Collaretera	0,10	0,12	0,75	1
2	Pegar serigrafía	Heat seal	0,25	0,29	1,86	2
3	Unir hombros	<i>Overlock</i>	0,22	0,25	1,64	2
4	Pegar cuello	<i>Overlock</i>	0,39	0,45	2,91	
5	Limpiar cuello	<i>Overlock</i>	0,16	0,18	1,19	1
6	S.C de cuello	Collaretera	0,40	0,46	2,98	3
7	Pegar cinta de cuello	Collaretera	0,44	0,51	3,28	3
8	Pegar manga	<i>Overlock</i>	0,51	0,59	3,80	4
9	Cerrar costados + etiqueta	<i>Overlock</i>	0,62	0,71	4,62	5
10	Ruedo de manga	Collaretera	0,60	0,69	4,47	4,50
11	Ruedo de fondo	Collaretera	0,26	0,30	1,94	5
			3,95	4,54		30

Fuente: elaboración propia.

La tabla II hace balance de líneas en donde se tiene el tiempo normal (tiempo cronometrado * calificación de operarios), y con este tiempo se le suman suplementos de un 15 % por tiempo muerto de máquina y fatigas básica y variables. Con el SAM ya se pueden calcular la cantidad de operarios necesarios utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{No. Operarios} = (\text{SAM} * \text{producción}) / (\text{tiempo disponible} * \text{eficiencia})$$

El tiempo normal es el tiempo que se tiene donde el mismo cuenta con una calificación del operario, donde hace el estudio con operarios calificados 100 o sea que trabajan a una ritmo normal. La calificación de los operarios puede ir desde 80, siendo un operario lento, hasta 140 siendo muy hábil. Ya con el tiempo normal se procede al cálculo del SAM por medio de la siguiente fórmula:

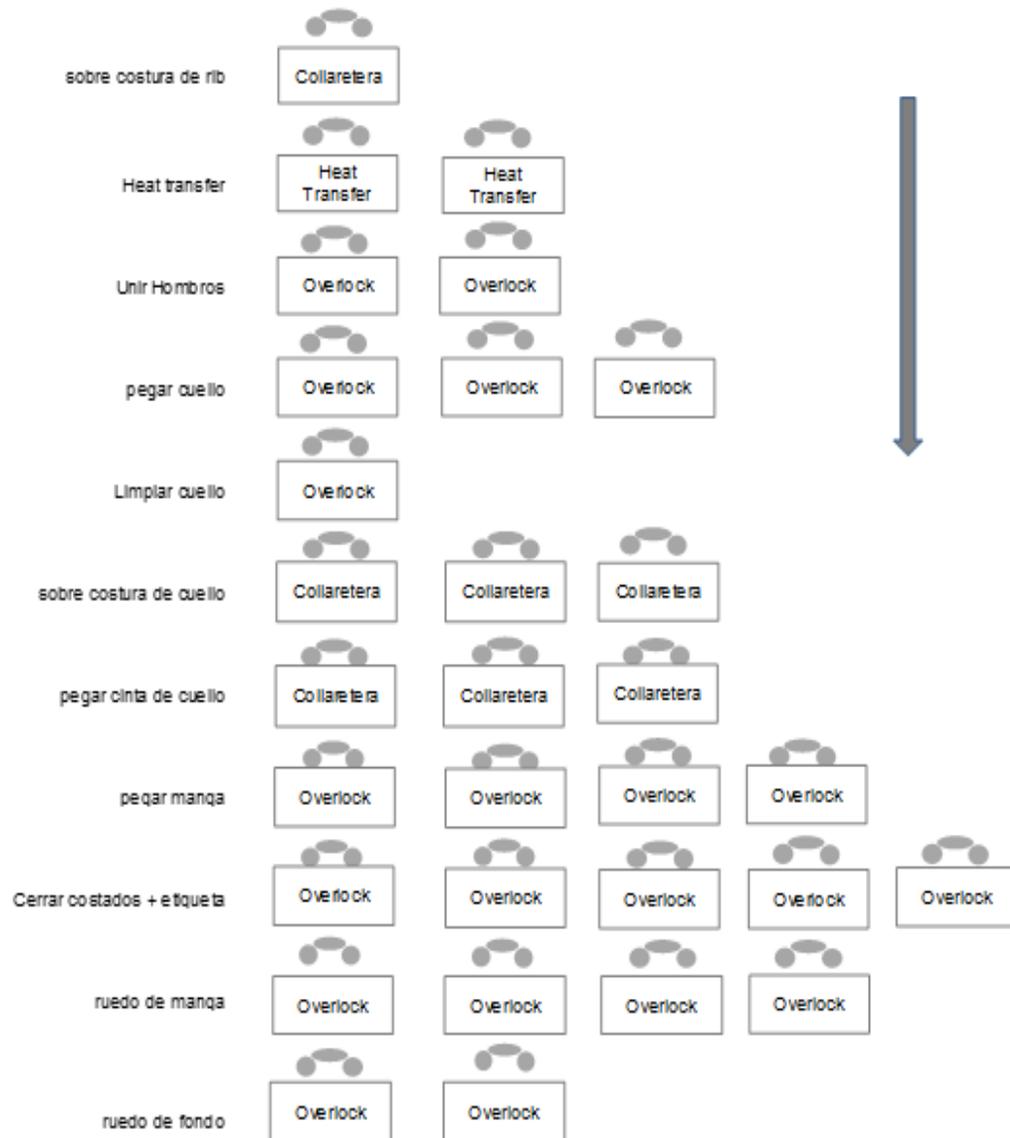
$$\text{SAM} = \text{TN} * (1 + \text{Suplementos})$$

En donde TN es el tiempo normal sumado a los suplementos por fatiga básica y variable con un total de un 15 %. La meta de producción de es de 3 500 unidades, para una jornada de 11 horas efectivas de trabajo más una de almuerzo. Esta jornada tiene 3 horas extras que no es obligatorio laborarlas.

2.3 *Layout*

A continuación se muestra al esquema con vista de planta de cómo tiene que estar estructurada la línea de costura para el presente estilo. Se describen las máquinas de costura que se tienen que utilizar para la confección, así como el orden que deben llevar las mismas.

Figura 12. **Layout**



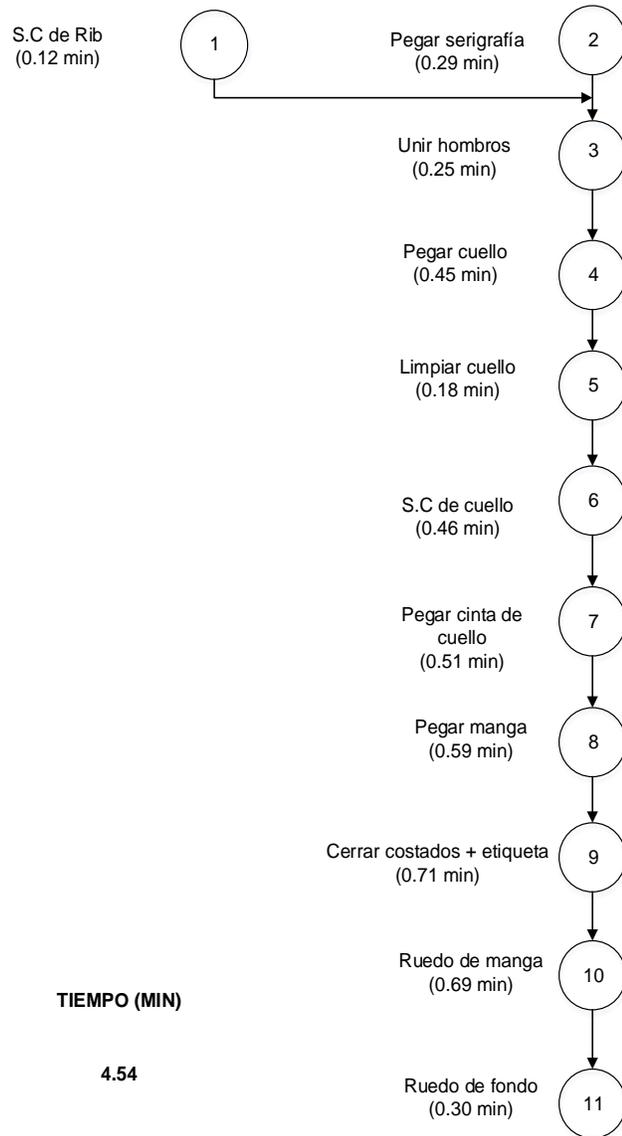
Fuente: elaboración propia.

La figura 12 muestra la secuencia de las máquinas, iniciando por la primera operación que es S.C de *rib*, y así consecutivamente, hasta que la prenda salga confeccionada después de la operación de ruedo de fondo.

2.4 Diagrama de operaciones del estilo

El siguiente diagrama muestra todas las operaciones, con su tiempo estándar, también el ingreso de materia prima en todo el proceso. Este diagrama es vital para poder visualizar todas las operaciones y ver el momento del ensamble.

Figura 13. Diagrama de operaciones



RESUMEN

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIEMPO (MIN)
○	OPERACIÓN	11	4.54

Fuente: elaboración propia., empleando Microsoft Visio.

El diagrama de operaciones muestra todas las operaciones de costura, junto con el SAM y cómo se efectúa el proceso de ensamble, luego hace un resumen al final que indica la cantidad total de operaciones y el SAM total del proceso de costura.

2.5 Desglose de actividades generales en el cambio de estilo

A continuación en la tabla III se detallan las actividades que se realizan en el cambio de estilo:

Tabla III. **Desglose de actividades generales**

Proceso	Lead Time (hrs)
Preparación de conos de hilo	0.53
Preparación de etiquetas	0.25
Preparación de folder y accesorios	1.50
Preparación de <i>mobilon</i>	0.25
Preparación de <i>heat seal</i>	1.5
S.C de Rib	1.13
Unir hombros	1.15
Pegar cuello	1.97
Limpiar cuello	0.53
S.C de cuello	1.63
Cinta de cuello	1.63
Pegar manga	1.77
Cerrar costados + etiqueta	1.37
Ruedo de manga	1.37
Ruedo de fondo	0.8
	17.38

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III se detallan todas las actividades que involucra un cambio de estilo siendo un total de 15.

2.5.1 Desglose de actividades internas

A continuación se realiza el desglose de todas las actividades internas (máquina detenida), en las cuales se tiene como objetivo reducirlas al máximo, porque no agregan valor al producto.

Tabla IV. **Actividades internas antes de SMED**

Proceso	<i>Lead Time (hrs)</i>
Preparación de conos de hilo	0.53
Preparación de etiquetas	0.25
Preparación de folder y accesorios	1.50
Preparación de mobilon	0.25
Preparación de heat seal	1.5
S.C de Rib	1.13
Unir hombros	1.15
Pegar cuello	1.97
Limpiar cuello	0.53
S.C de cuello	1.63
Cinta de cuello	1.63
Pegar manga	1.77
Cerrar costados + etiqueta	1.37
Ruedo de manga	1.37
Ruedo de fondo	0.8
	17.38

Fuente: elaboración propia.

La tabla IV muestra todas las actividades internas, que es la parte a reducir al máximo para que la herramienta sea efectiva. Se observa el total de las actividades que suman 17,38 horas, lo cual es un claro indicador que se tiene muda (desperdicio), en el cambio y que no existe una sincronización para realizar el mismo.

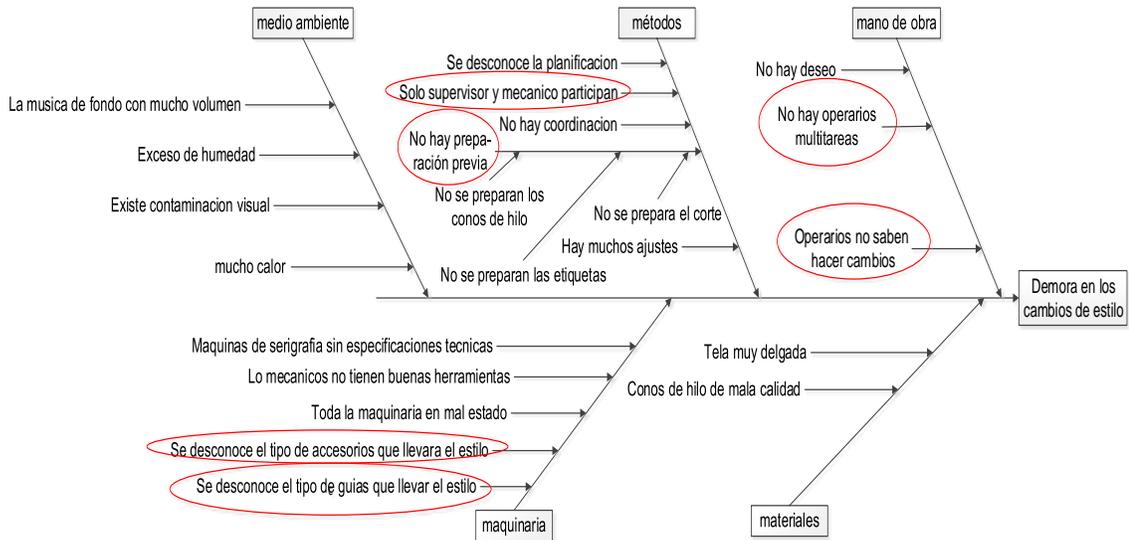
2.5.2 Desglose de actividades externas

Actualmente no se tienen actividades externas, no existe ninguna preparación previa, sino que se empieza a hacer todas las actividades de cambio hasta que finaliza el estilo anterior.

2.6 Análisis de las causas de retraso en los cambios de estilo

A continuación se detalla el análisis de las causas que afectan el retraso en los cambios de estilo, usando la herramienta de mejora continua conocida como diagrama de Ishikawa:

Figura 14. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Este diagrama se utiliza como técnico universal de solución de problemas en donde se coloca en la cabeza el problema o efecto y en las espinas cada una de las causas, para luego hacer calificación de cada causa y así poder determinar cuál es la causa raíz que ocasiona el efecto. Se coloca dentro de elipses las causas que más afectan con base en las calificaciones que se hace con el grupo evaluador. A continuación se describe la ponderación del gráfico:

Tabla V. Ponderación de diagrama de Ishikawa

Mano de obra			Maquinaria		
Mano de obra	Calificación media	Rating	Maquinaria	Calificación media	Rating
Operarios no saben hacer cambios	8.4	84%	máquinas de serigrafía sin especificaciones	4	40%
No hay intención de mejora	4.8	48%	los mecánicos no tienen buenas herramientas	5	50%
		66%	máquinaria en mal estado	4.2	42%
			Se desconoce el tipo de accesorios que lleva el estilo	8.2	82%
			Se desconoce el tipo de agujas que llevará el estilo	8.4	84%
					60%
Metodos					
No hay planificación para hacer cambios de estilo	4	40%			
No hay preparación previa al cambio	9.2	92%			
		70%			
Medio ambiente			Materiales		
Música de fondo con alto volumen	3.2	32%	la tela es muy delgada	3.6	36%
Exceso de humedad	3.4	34%	Conos de hilo de mala calidad	4	40%
Contaminación visual	4	40%			38%
Mucho calor en la fábrica	3	30%			
		34%			

Fuente: elaboración propia.

La tabla VI muestra que las causas que más tienen influencia están dentro de los ejes de mano de obra y métodos. Los temas puntuales son los siguientes:

- No hay preparación previa
- Se desconoce el tipo de guías que llevará el estilo
- Se desconoce el tipo de accesorios que llevará el estilo

2.7 Técnicas usadas en la implementación de SMED

A continuación se muestra el mapa general para la aplicación de SMED:

Figura 15. Esquema SMED



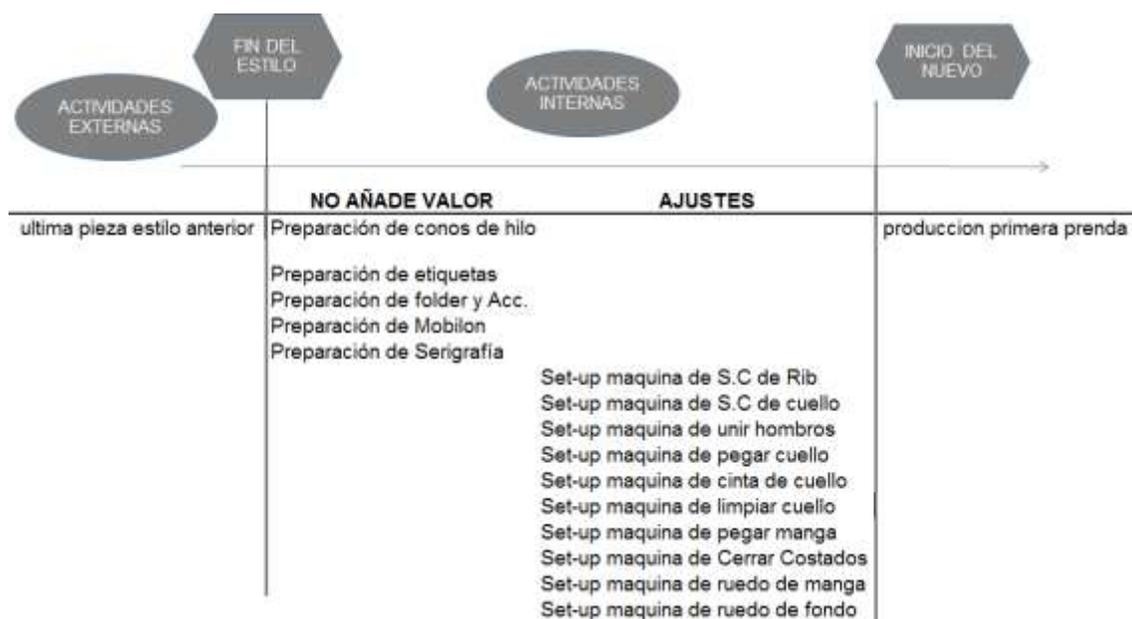
Fuente: elaboración propia.

En la figura 15 se observa el esquema de cómo se realiza un cambio de estilo en donde la muda (desperdicio) comprende todas las actividades internas, por lo que es necesario reducir al máximo las mismas, para convertirlas en externas.

2.7.1 Separación de actividades internas y externas

A continuación en la figura 6 se presenta un cuadro que muestra todas las actividades (sin tiempos) tanto internas como externas. La gráfica se muestra en un ambiente similar al que se encuentra al inicio del capítulo.

Figura 16. Separación de actividades internas y externas



Fuente: elaboración propia.

2.7.2 Preparación de actividades externas

No se cuenta con actividades externas.

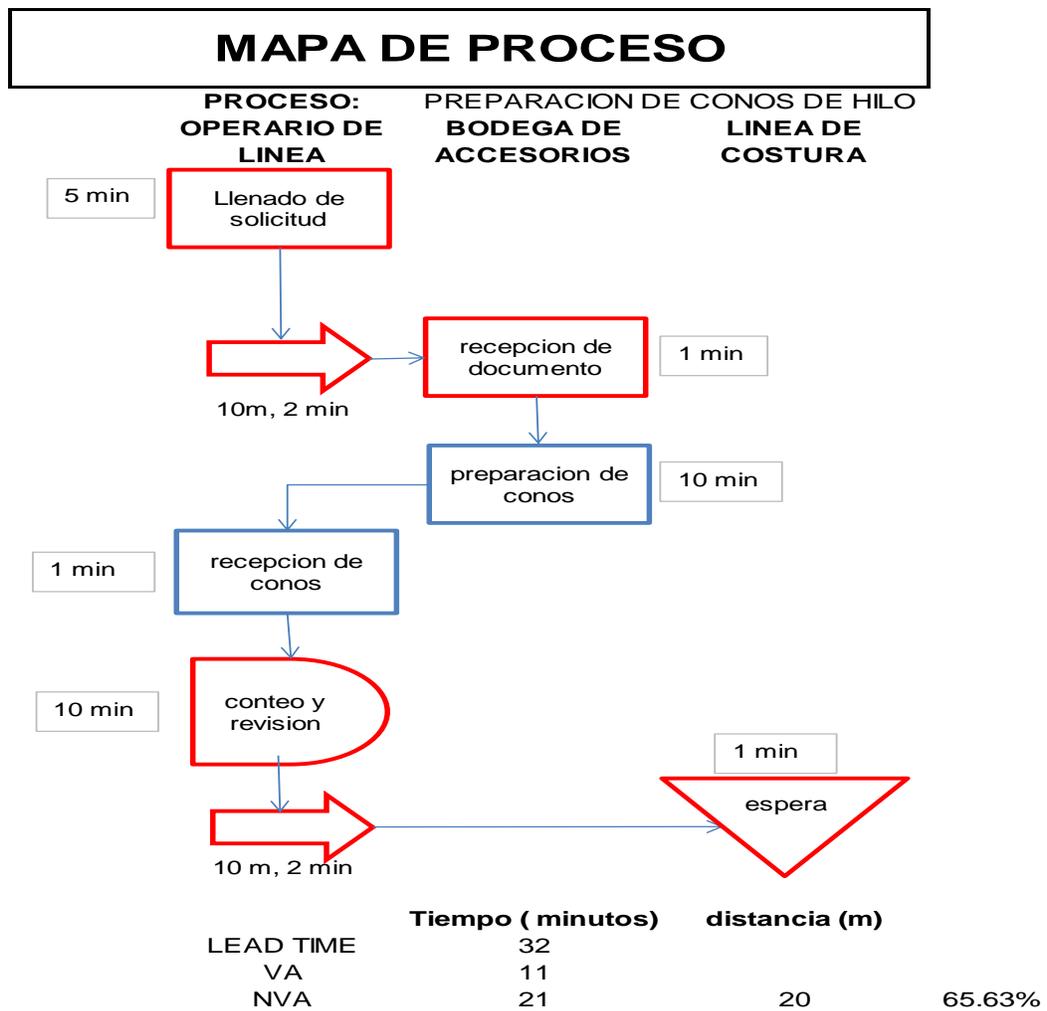
2.7.3 Preparación de actividades internas

A continuación se listan las actividades internas en un formato de diagrama de flujo del proceso previo a la implementación de SMED.

2.7.3.1 Conos de hilo

Consiste en que el operario de mesa se dirige a la bodega de accesorios a solicitar los conos de hilo que se utilizan para cada uno de los COR (número de orden de producción) que se utilizan en la línea de costura.

Figura 17. Mapa del proceso. Preparación de conos de hilo

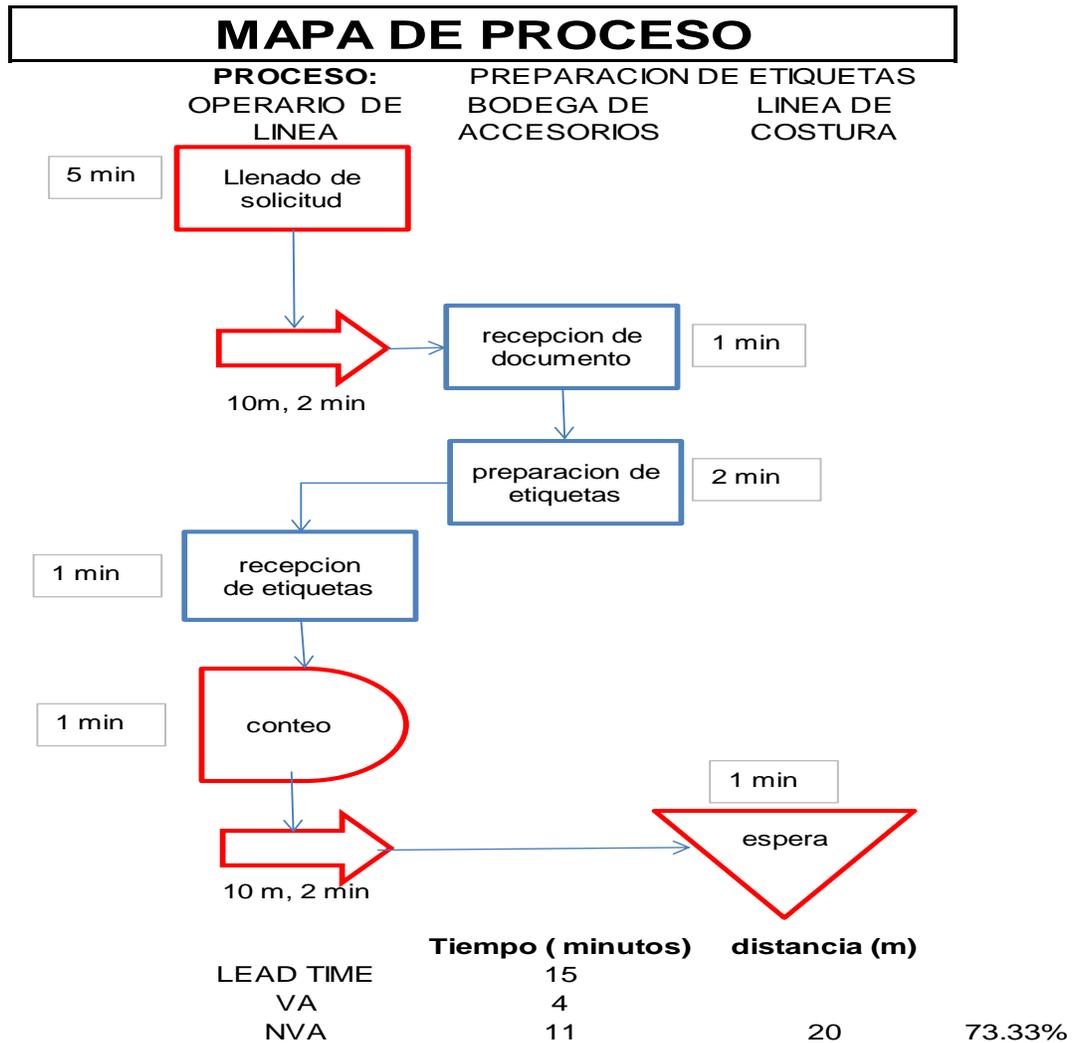


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.2 Etiquetas

Consiste en que el operario de mesa se dirige a la bodega de accesorios a solicitar las etiquetas que se utilizan para cada uno de las COR (número de orden de producción) que se utilizarán en la línea de costura.

Figura 18. Mapa del proceso. Etiquetas

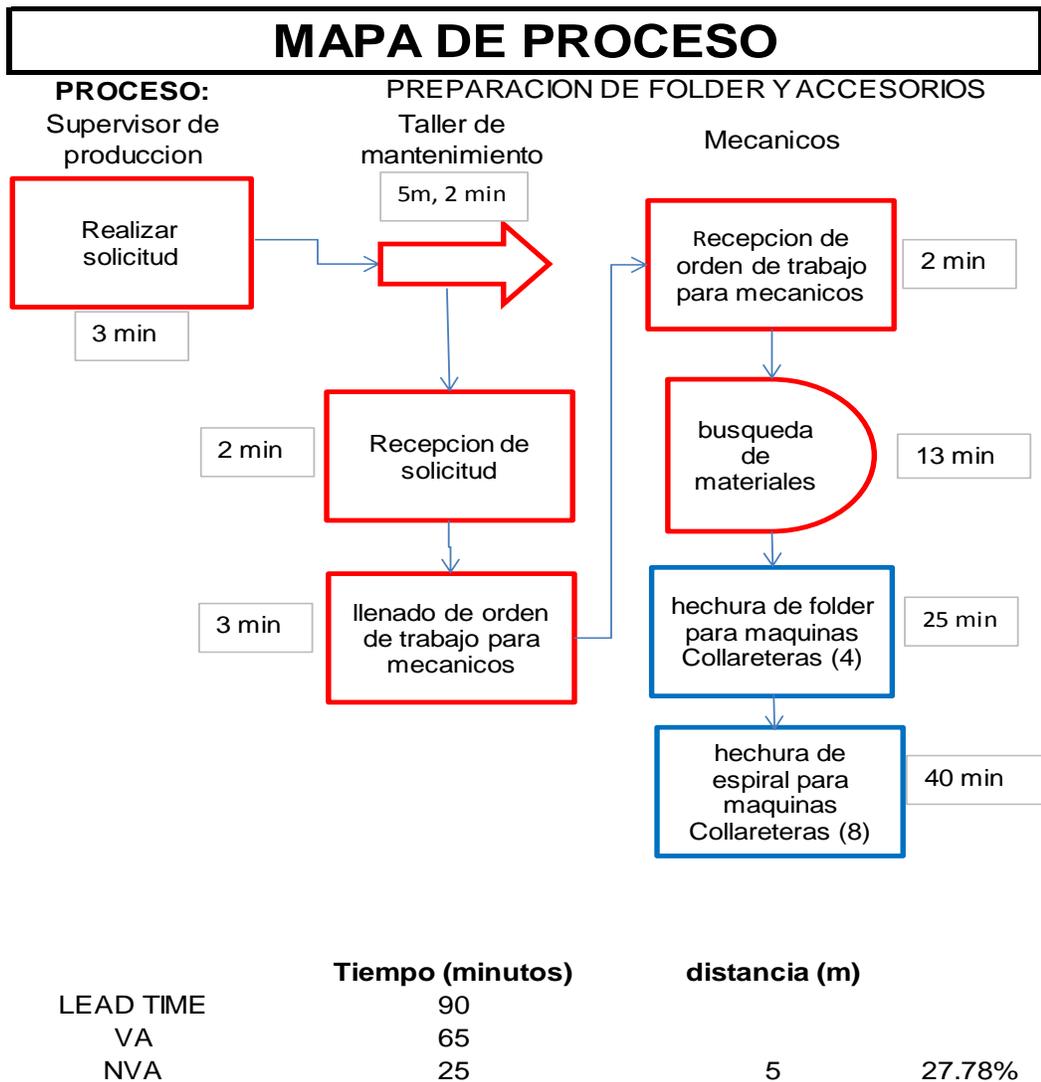


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.3 Fólder y accesorios

Consiste en realizar fólder metálicos y espirales, los cuales son utilizados en las operaciones de S.C de *rib*, pegar cuello y pegar cinta de cuello.

Figura 19. Mapa del proceso. Fólder y accesorios

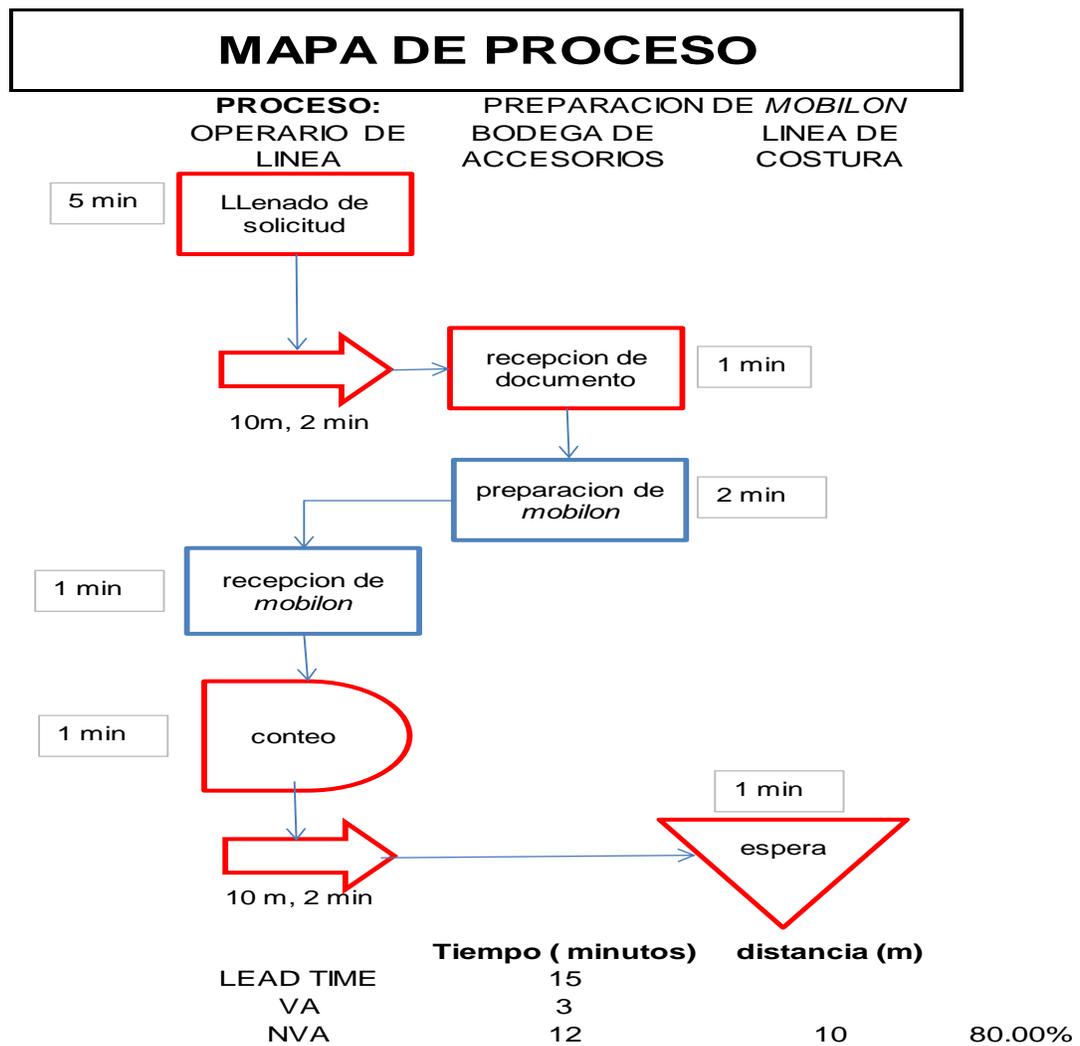


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.4 *Mobilon*

Consiste en solicitar a la bodega de accesorios una cinta de color transparente que se utiliza en la operación de unir hombros.

Figura 20. Mapa de proceso. *Mobilon*

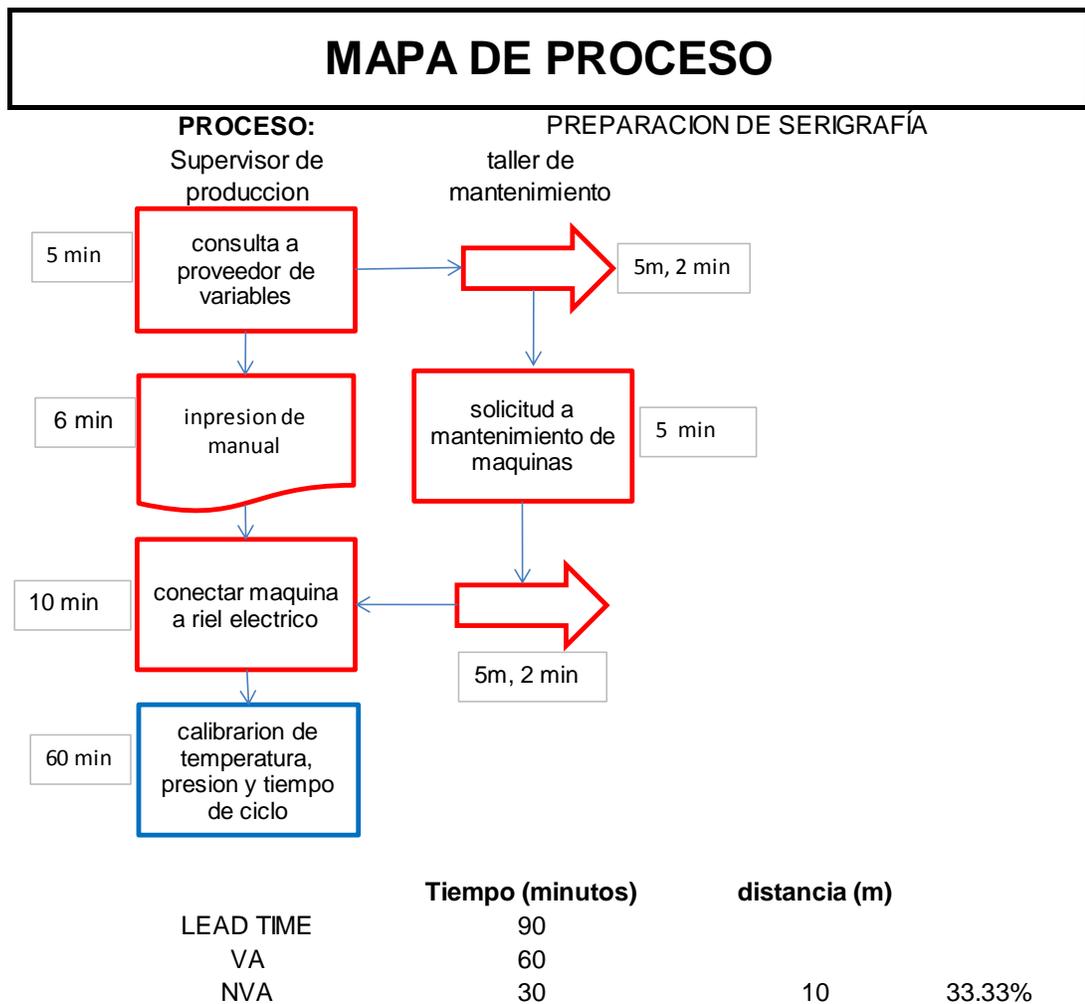


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.5 Serigrafía

Consiste en la calibración de 2 máquinas de serigrafía, que por medio del calentamiento de la plancha de la máquina transfiere calor a una etiqueta que se pega en la prenda de vestir, donde va indicada la talla, la marca, el estilo y el país donde fue manufacturada la prenda de vestir.

Figura 21. Mapa de proceso. Preparación de serigrafía

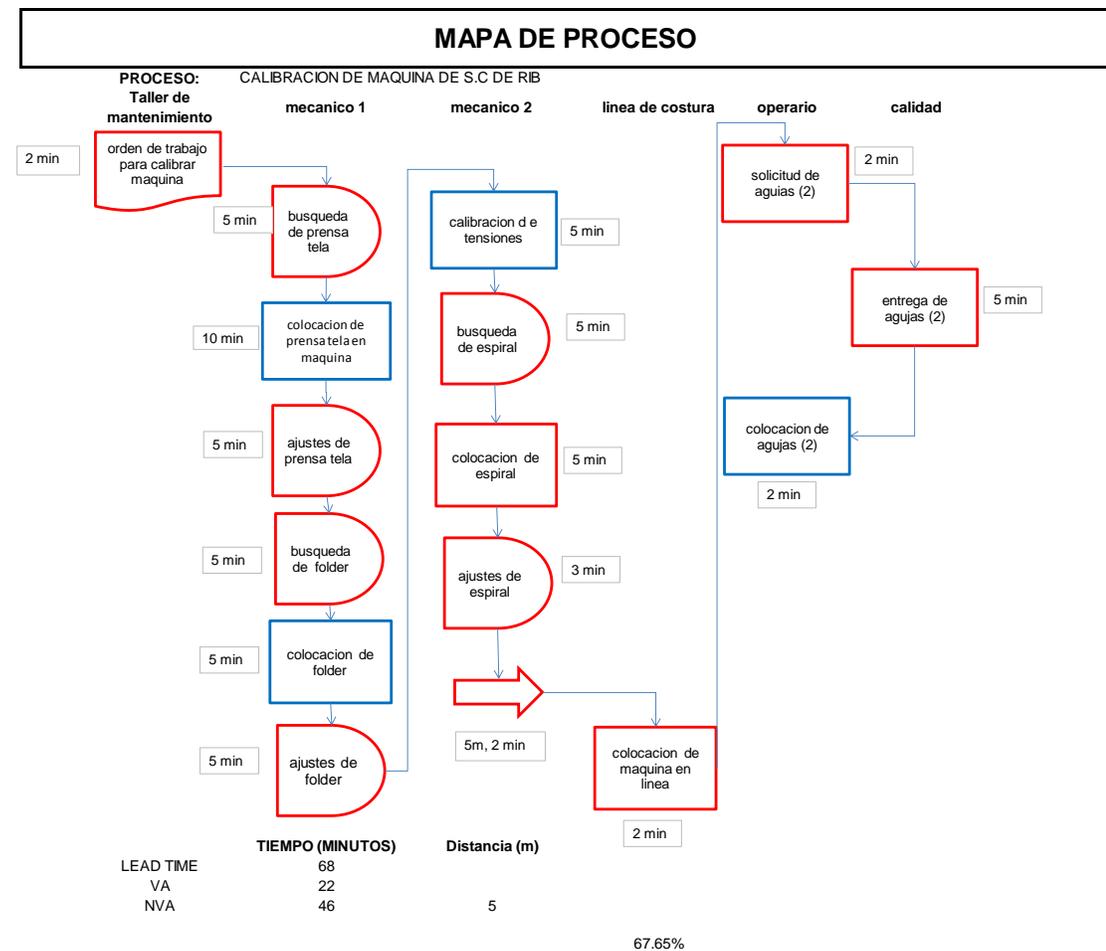


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.6 Sobrecostura de *rib*

Consiste en la calibración de la máquina de costura para que la misma esté lista para la ejecución de la operación de S.C de *rib*. Ver en apéndice foto de máquina.

Figura 22. Mapa del proceso. S.C de *rib*

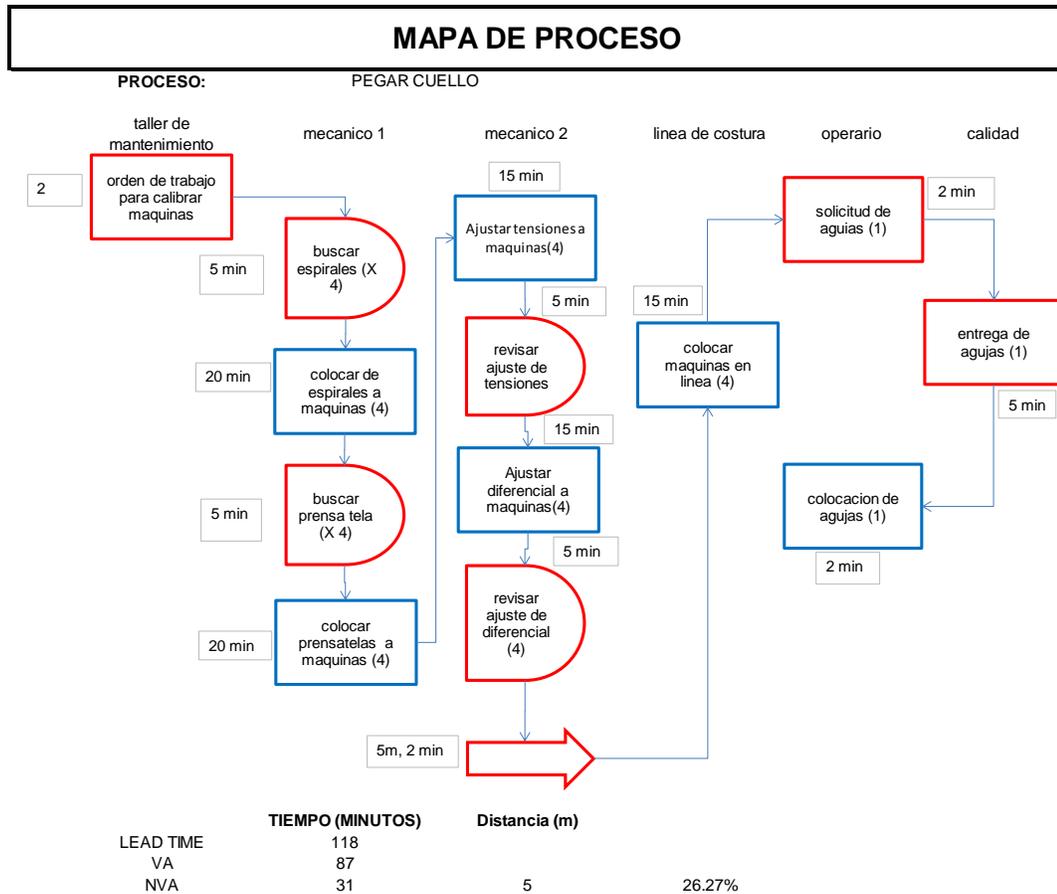


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.7 Unir hombros

Consiste en la calibración de dos máquinas *overlock* para que las mismas realicen la operación descrita en el título. También es necesario mencionar que es necesario que el operario tenga listo el *mobilon*. Ver máquina *overlock* en apéndice.

Figura 23. Mapa del proceso. Unir hombros

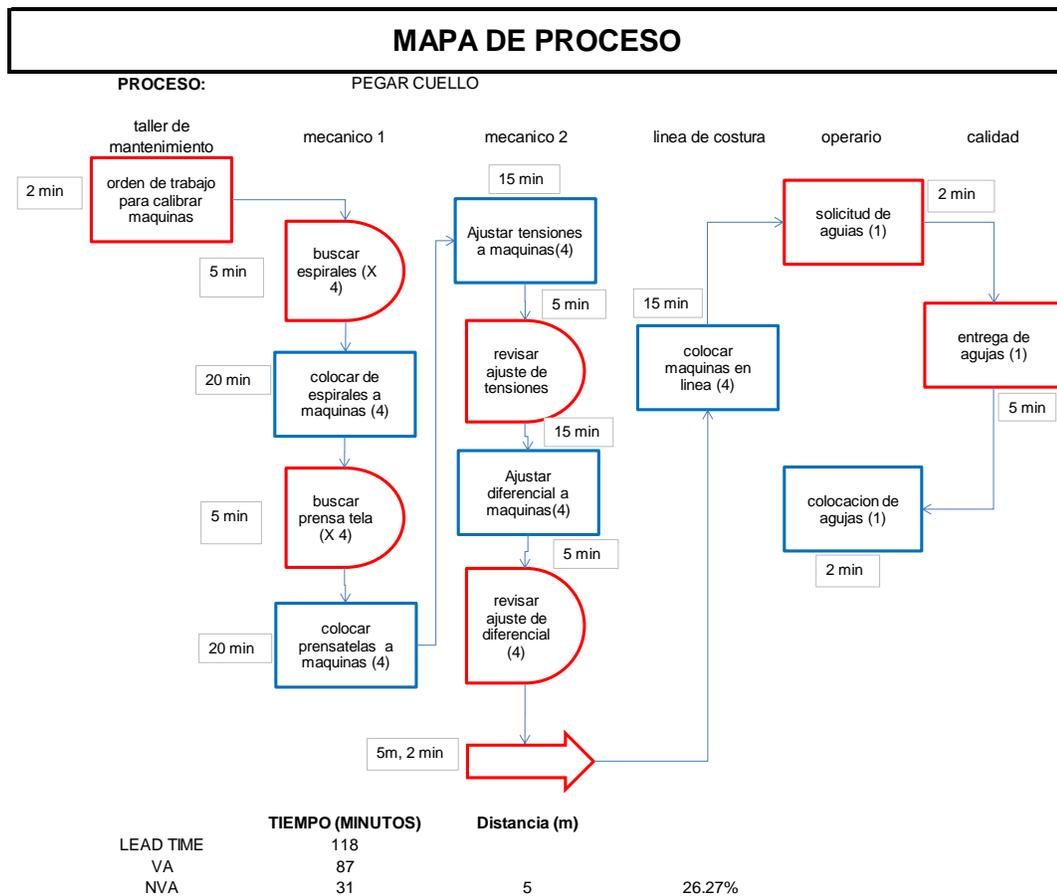


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.8 Pegar cuello

Consiste en la calibración de cuatro máquinas *overlock* para que las mismas realicen la operación descrita en el título. Es necesario tomar en cuenta que esta operación es crítica en el proceso porque se corre el riesgo de rechazo de los lotes de producción si en caso el cuello no se cose conforme las especificaciones del cliente. Ver máquina para esta operación en apéndice.

Figura 24. Mapa del proceso. Pegar cuello

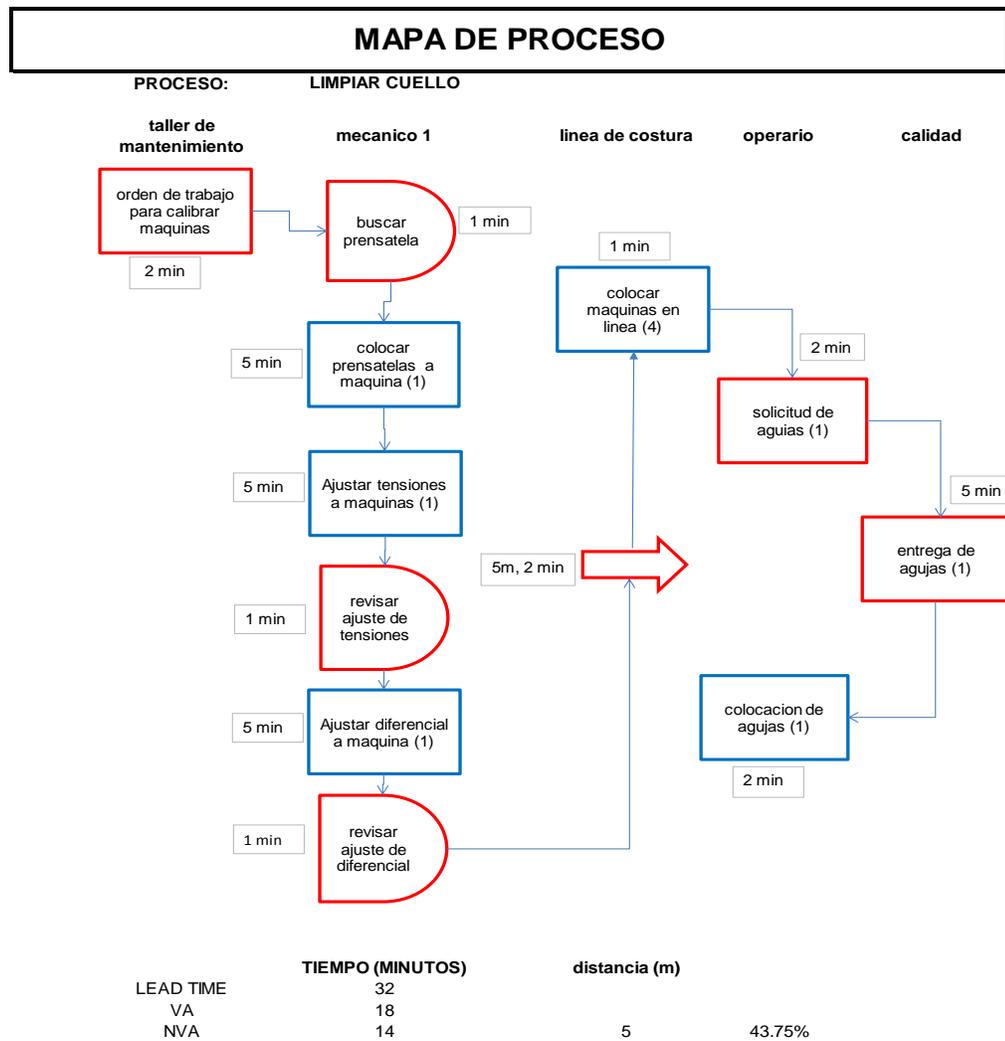


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.9 Limpiar cuello

Consiste en la calibración de una máquina *overlock*. Esta operación se usa en específico para quitar el remanente de tela en el cuello que deja la operación de pegar cuello.

Figura 25. Mapa del proceso. Limpiar cuello

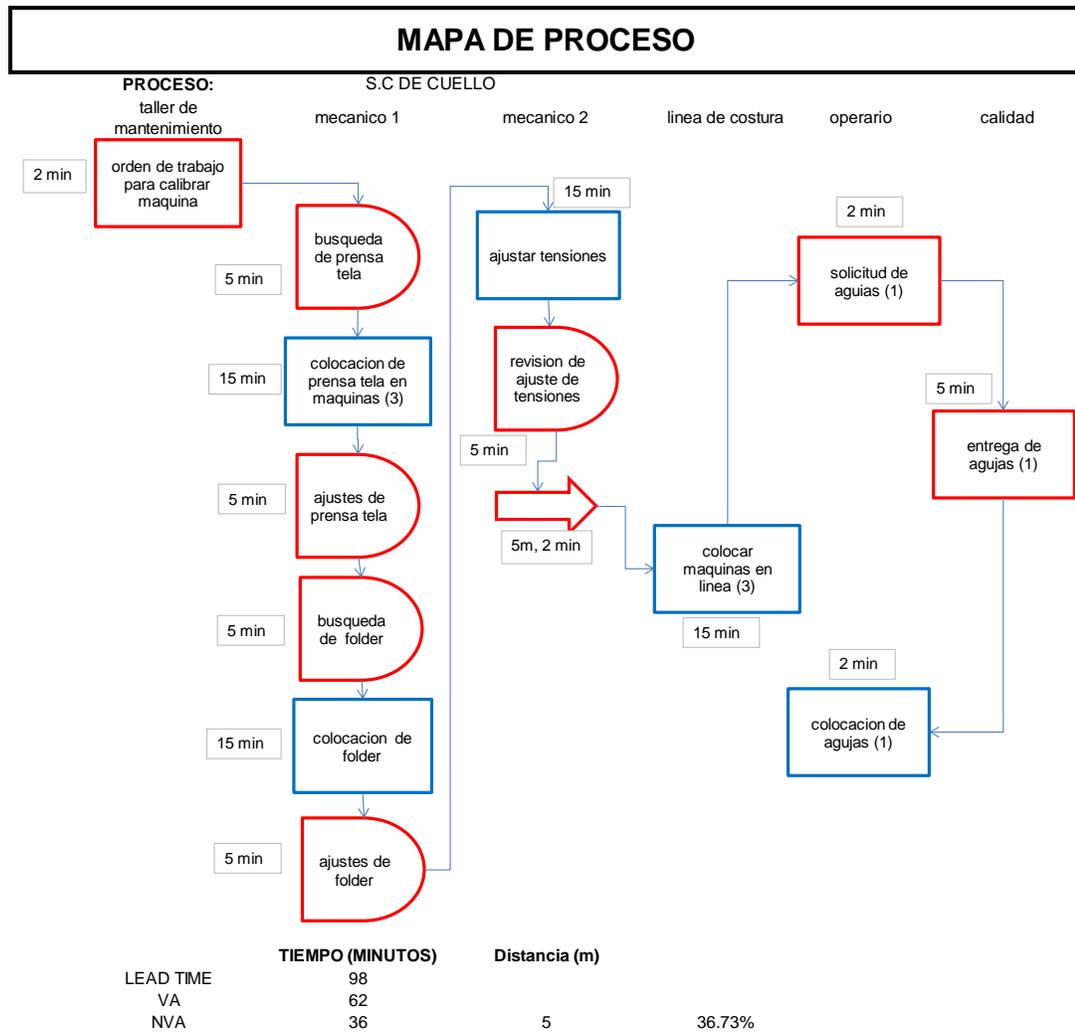


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.10 Sobrecostura de cuello

Consiste en la calibración de máquinas collareteras. Esta operación se usa en específico para crear una costura de seguridad a la prenda, la cual es visible. Ver máquina de esta operación en apéndice.

Figura 26. Mapa del proceso. S.C de cuello

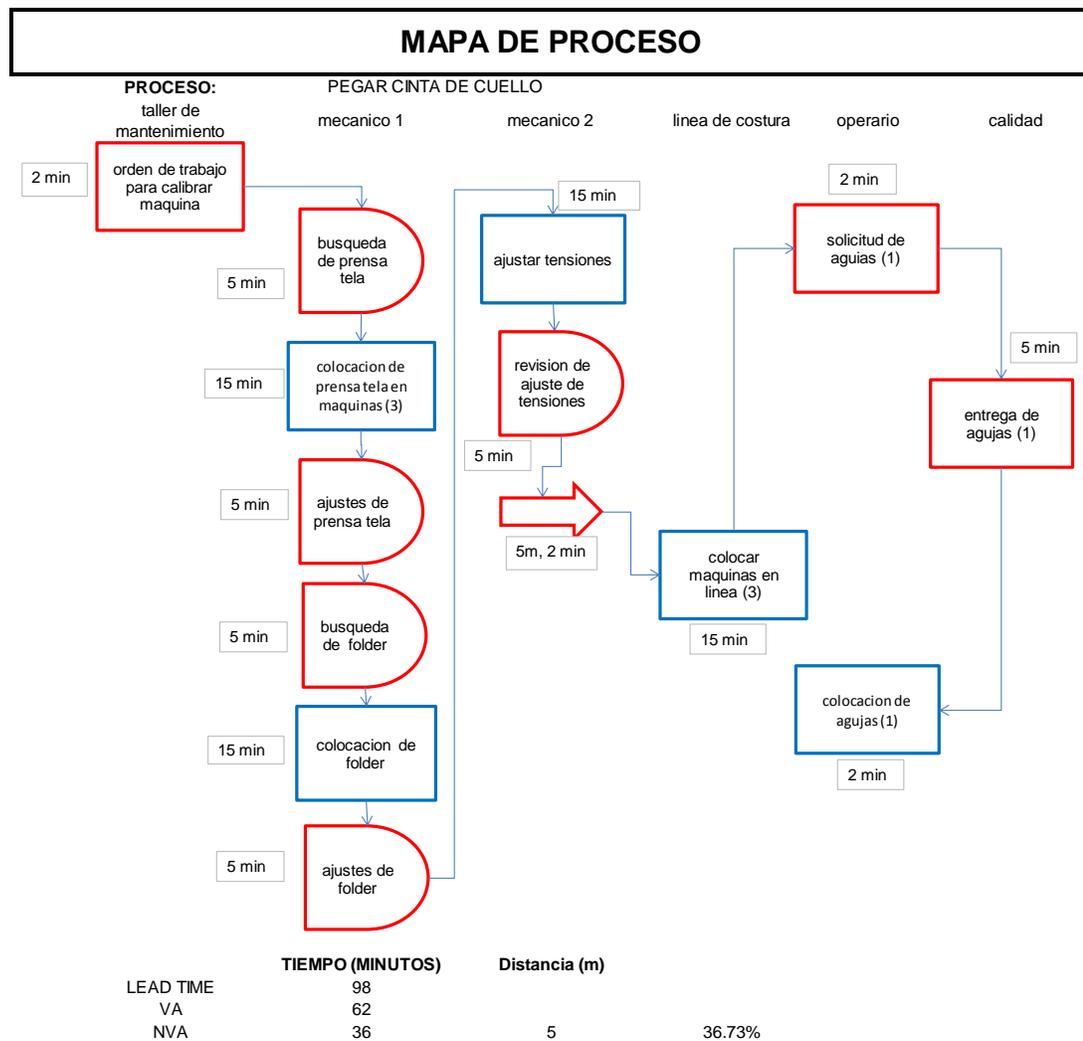


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.11 Cinta de cuello

Consiste en la calibración de tres máquinas cerradoras. Esta operación se utiliza para pegar cinta trasera que lleva en el cuello, que sirve como adorno de la prenda. Ver máquina para esta operación en apéndice.

Figura 27. Mapa del proceso. Cinta de cuello

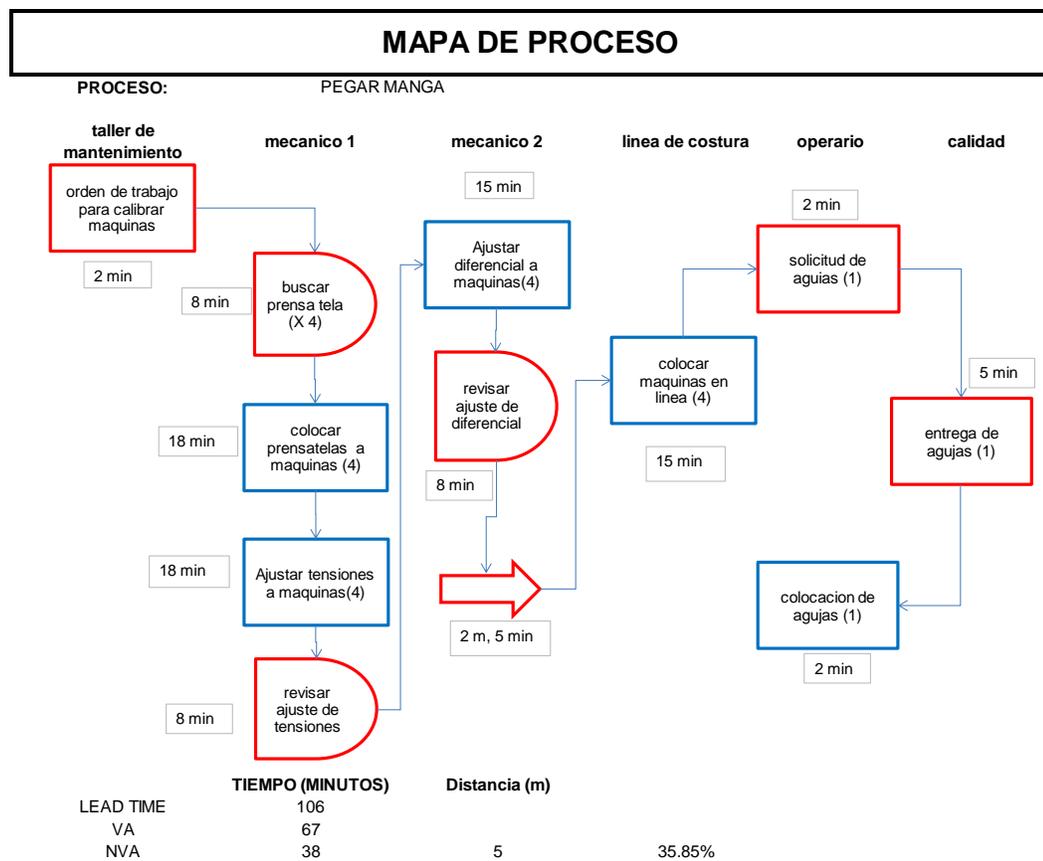


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.12 Pegar manga

Consiste en la calibración de cuatro máquinas *overlock*. Esta operación se utiliza para pegar las dos mangas que utilizará la prenda. Ver máquina para esta operación en apéndice.

Figura 28. Mapa del proceso. Pegar manga

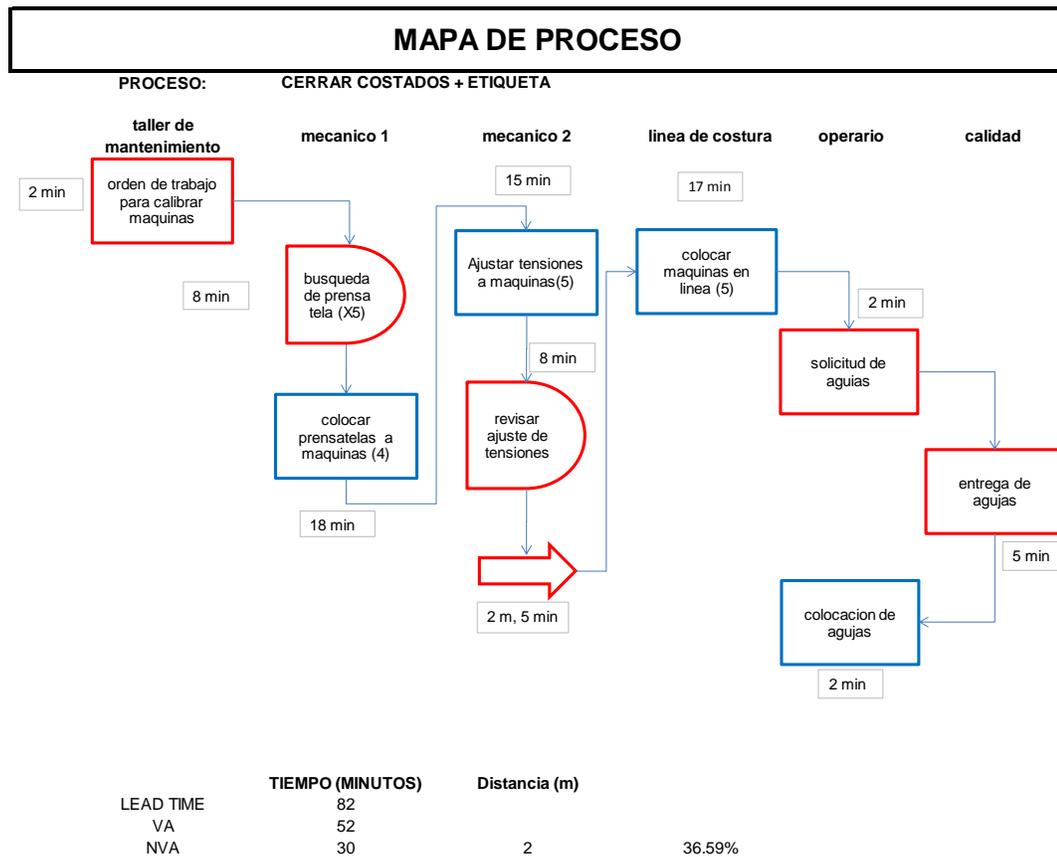


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.13 Cerrar costados + etiqueta

Consiste en la calibración de cinco máquinas *overlock*. Esta operación se utiliza para cerrar las partes laterales de la prenda, de ambos lados, que va desde el ruedo inferior hasta el tope de las mangas. Ver máquina en apéndice.

Figura 29. Mapa del proceso. Cerrar costados + etiqueta

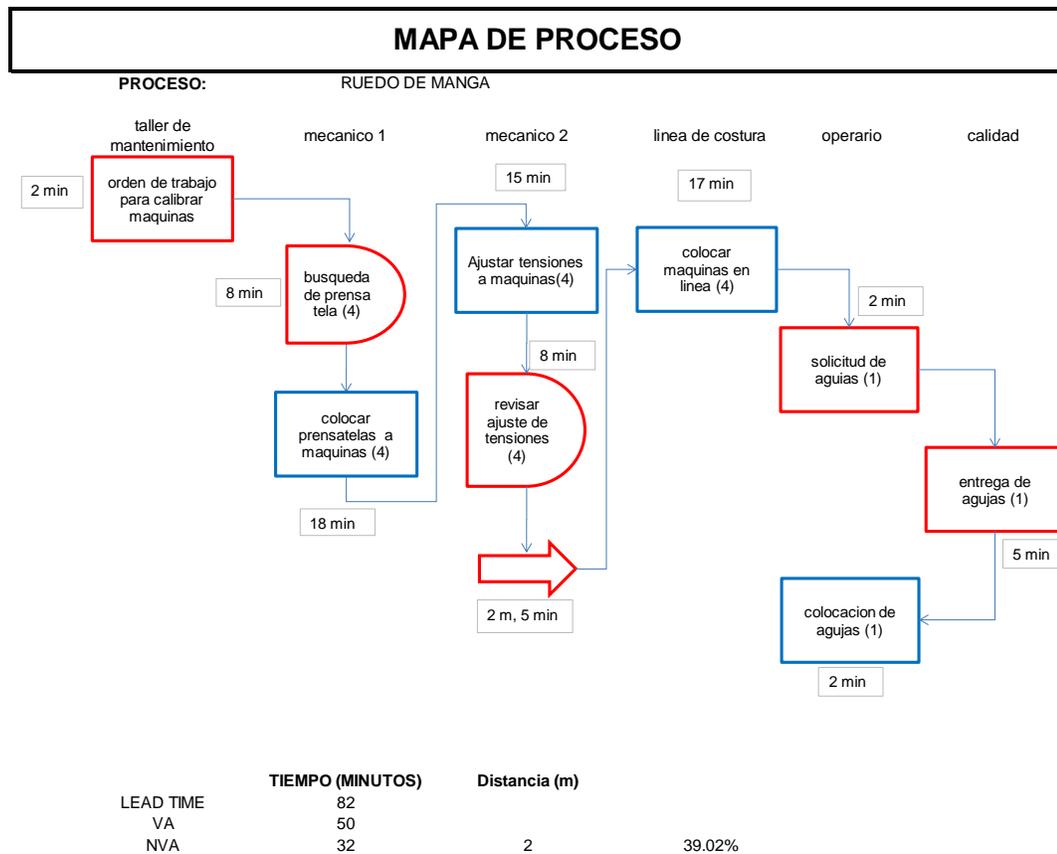


Fuente: elaboración propia.

2.7.3.14 Ruedo de manga

Consiste en la calibración de cuatro máquinas collareteras. Esta operación se utiliza para hacerle ruedo a la manga, para evitar el deshilado de la tela y también como adorno de la prenda.

Figura 30. Mapa del proceso. Ruedo de manga

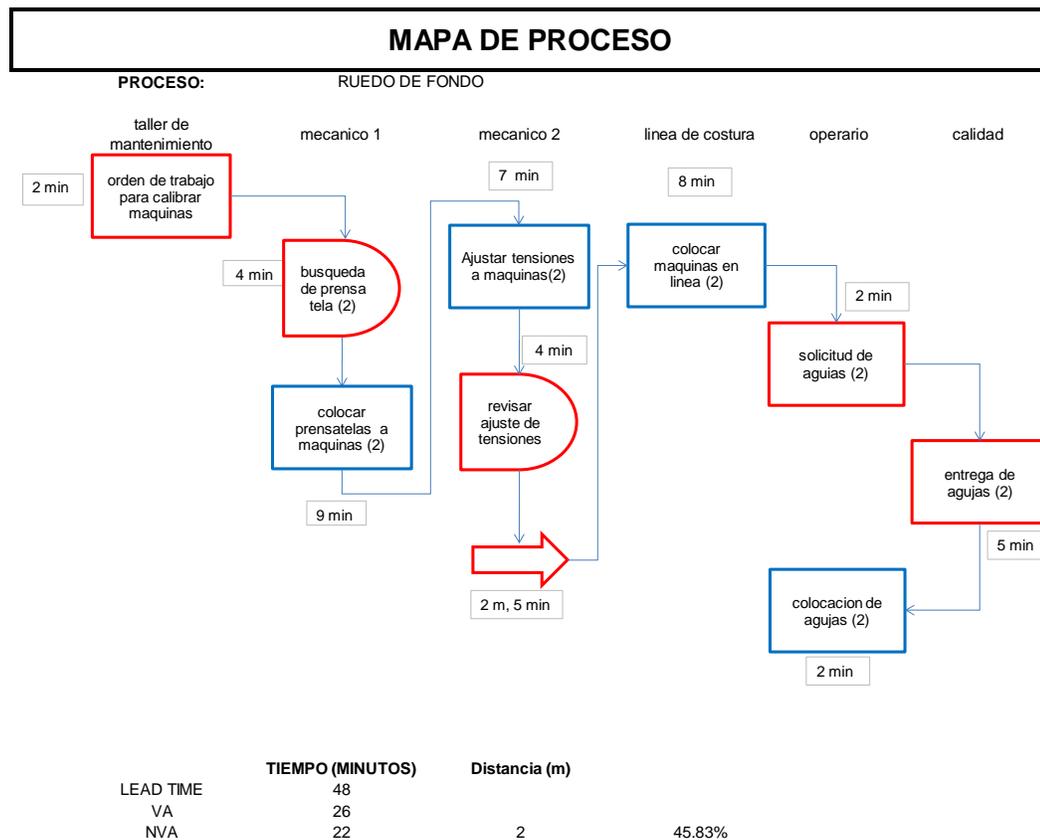


Fuente: elaboración propia

2.7.3.15 Ruedo de fondo

Consiste en la calibración de dos máquinas collareteras. Esta operación se utiliza para hacerle ruedo al fondo de la prenda con el objetivo que tenga una buena decoración y que la prenda no se deshile o se rasgue de la parte inferior. Ver máquina para esta operación en apéndice.

Figura 31. Mapa del proceso. Ruedo de fondo



Fuente: elaboración propia.

2.8 Análisis general de muda en mapa de procesos

A continuación se presenta la tabla VII, en donde se totaliza la muda (desperdicio):

Tabla VI. Muda general. Antes de SMED

Proceso	lead time (min)	lead time (hrs)	VA (min)	NVA (min)	Transporte (m)	Muda (%)
Preparación de conos de hilo	32	0,53	11	21	20	65,63 %
Preparación de etiquetas	15	0,25	4	11	20	73,33 %
Preparación de folder y acceso	90	1,50	65	25	5	27,78 %
Preparación de mobilon	15	0,25	3	12	10	80,00%
Preparación de serigrafía	90	1,50	60	30	10	33,33%
S.C de rib	68	1,13	22	46	5	67,65%
Unir hombros	69	1,15	44	25	5	36,23%
Pegar cuello	118	1,97	87	31	5	26,27%
Limpiar cuello	32	0,53	18	14	5	43,75%
S.C de cuello	98	1,63	62	36	5	36,73%
Cinta de cuello	98	1,63	62	36	5	36,73%
Pegar manga	106	1,77	68	38	5	35,85%
Cerrar costados + etiqueta	82	1,37	52	30	2	36,59%
Ruedo de manga	82	1,37	50	32	2	39,02%
Ruedo de fondo	48	0,80	26	22	2	45,83%
		17,38	634	409	106	39,21%

Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla VII se tiene una MUDA total de un 39,21 %.

El tiempo total que se necesitó para hacer el cambio de estilo fue de 1,043 minutos, equivalente a 17,38 horas.

2.9 Conversión de actividades internas a externas

A continuación se presentan las actividades internas que fueron cambiadas a externas:

Tabla VII. **Conversión de actividades**

Actividad	Lead time (hrs)
Preparación de etiquetas	0,25
Preparación de mobilon	0,25
Preparación de folder y accesorios	1,50
Preparación de heat seal	1,50
total	3,50 hrs

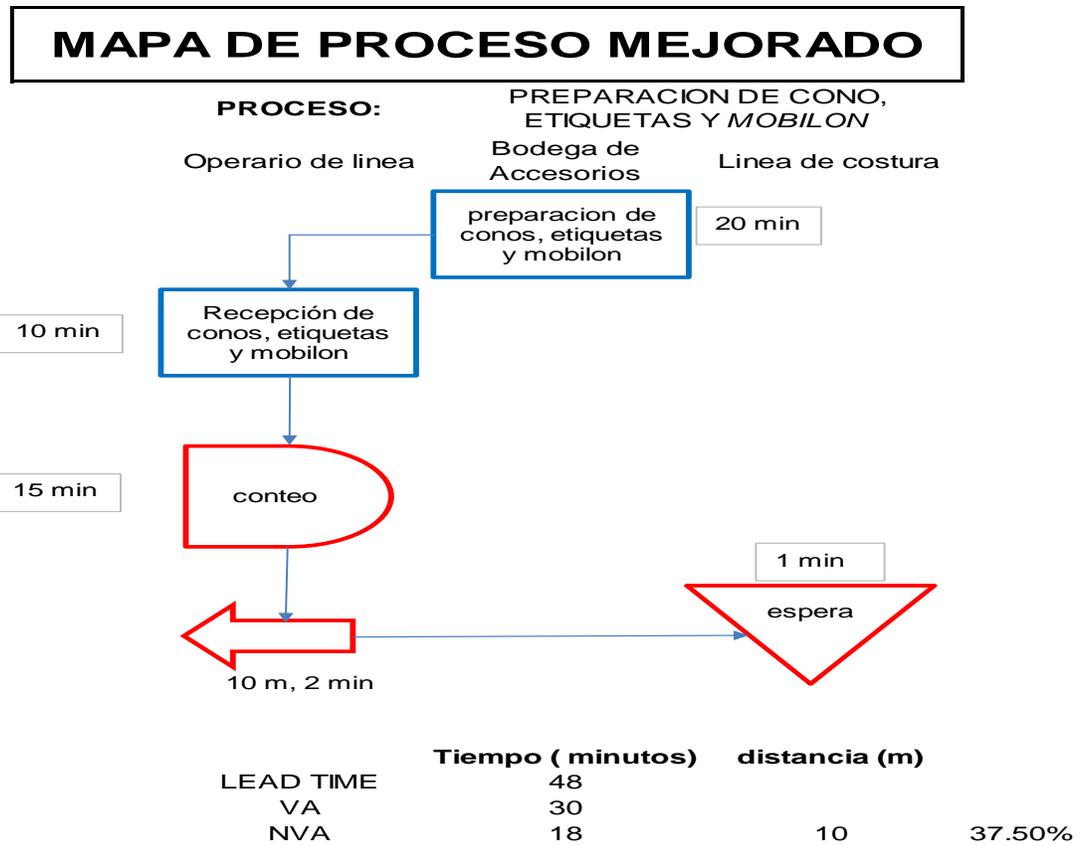
Fuente: elaboración propia.

La tabla VIII muestra que las 3,50 horas anteriores fueron reducidas haciendo los siguientes Kaizen, que se desglosan en cada actividad que se lista a continuación.

2.9.1 Conos de hilo, etiquetas y *mobilon*

Previo a la carga de las líneas de costura, el departamento de planificación envía un plan de producción para cada línea de costura por WE (*week ending*), tanto para producción como para la bodega de accesorios. Ya teniendo el plan por WE del mes a producir, el departamento de bodega de accesorios realiza un programa de entregas a líneas de costura, teniendo los accesorios necesarios con 3 horas de anticipación, previos al montaje del nuevo estilo.

Figura 32. Mapa del proceso mejorado. Conos de hilo, etiquetas y *mobilon*



Fuente: elaboración propia.

2.9.2 Preparación de fólder y espirales

Para la preparación de fólder y espirales se hace un inventario por familias de estilos, para que independientemente de la demanda se tenga un folder y una espiral por cada máquina collaretera que exista. Se presenta un cuadro con descripción:

Tabla VIII. Máquinas que utilizan fólder y espirales

cantidad	máquina	operación
1	Collaretera	s.c de rib
3	Collaretera	s.c de cuello
4	Collaretera	ruedo de manga
2	Collaretera	ruedo de fondo
10	3,50 hrs	

Fuente: elaboración propia.

La tabla VIII indica que son en total 10 máquinas con aditamentos especiales para poder cocer la cinta que va en el cuello, así como en las máquinas que hacen los ruedos. En total se tiene el siguiente inventario:

- 120 folders
- 120 espirales

Para la calibración de las máquinas se puede hacer las calibraciones como actividades externas. Al dejar las calibraciones de máquinas como internas (con las máquinas detenidas) se tiene la opción de hacer mejoras en los procesos para reducir la muda existente en cada uno, este punto se tocará

en el capítulo III.

2.9.3 Preparación de máquina de *heat seal*

Las máquinas de *heat seal* se preparan con base en el manual de operación que tiene la máquina, en donde se tiene que graduar de forma anticipada la temperatura y la duración del ciclo de operación de la transferencia de calor. Para efectos de la implementación se utilizan los siguientes datos, tomando como fuente de información los datos del proveedor que vende los *sticker* de serigrafía:

- Temperatura: 105 F
- Presión: 50 Psig.
- Tiempo de ciclo: 5 segundos

2.9.4 Utilización de *check list*

A continuación se presenta un formato, el cual se tiene que utilizar cada vez que se cambie un estilo para cualquier línea de costura u otro departamento donde se necesite mejorar por concepto de cambios. El mismo se utiliza actualmente para cuantificar el tiempo total del cambio de estilo, así como la clasificación de cada una de las actividades.

2.10 Implementación de actividades en paralelo

Las actividades en paralelo que se realizan tienen el objetivo de agrupar actividades que se hacen al mismo tiempo, con los mismos recursos, con el único objetivo de reducir el *lead time*.

Tabla X. Implementación en paralelo

Antes	Después
Preparación de conos de hilo	Preparación de conos de hilo, etiquetas y <i>mobilon</i>
Preparación de conos de etiquetas	
Preparación de conos de <i>mobilon</i>	

Fuente: elaboración propia

La tabla XI muestra la transformación sobre las actividades en paralelo, haciendo en una sola agrupación tres actividades de preparación. Estas tres actividades se unifican porque tienen al mismo proveedor, que es la bodega de accesorios, por lo que el planificador envía la información con 3 horas de anticipación al cambio para la preparación de los materiales de costura que dicha bodega provee a costura.

2.11 Eliminación de ajustes, búsquedas y solicitudes

Para la eliminación de ajustes se crea un sistema de medición para las siguientes variables:

Tabla XI. **Máquinas overlock y collareteras**

descripción	medida	dimensional
Ajustes de prensa tela	Fuerza	Newton
Velocidad de giro del motor	velocidad circular	RPM
Ajustes de diferencial	posición	Colocación de señal visual

Fuente: elaboración propia.

La tabla XII indica que los ajustes tienen que ser medidos para así poder medir el grado de ajuste y así evitar excesos o faltantes de medidas.

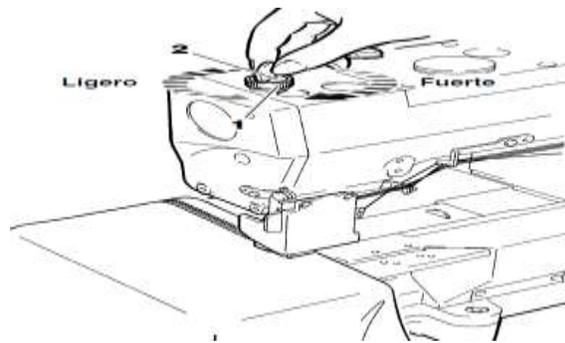
2.11.1 Ajustes de prénsatela

Como se observa anteriormente, la tensión de prénsatela tiene que tener un valor fijo por tipo de máquina, por lo que por medio de la medición con un tensiómetro y haciendo pruebas se obtiene la siguiente constante que sirve para futuros cambios de estilo:

- Máquinas collareteras
- Máquinas *overlock*
- Máquinas cerradoras

En el ajuste de prénsatela en máquina collaretera es necesario que la tensión esté lo más ligera posible, pero que sea lo suficiente para la alimentación correcta de la tela. Las máquinas se graduaron con una orientación hacia 1.

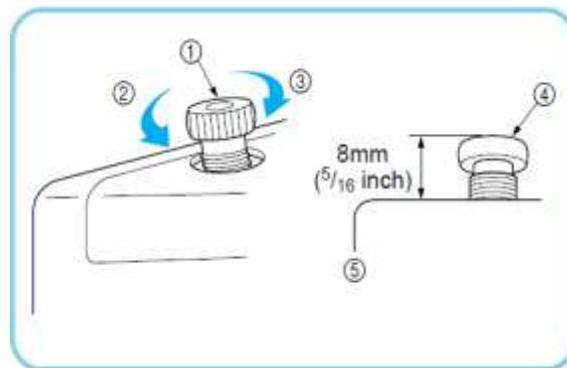
Figura 33. **Ajuste de prénsatela en collaretera**



Fuente: elaboración propia.

Los ajuste de prénsatelas en máquina *overlock*, el número 1 es el tornillo de ajuste de presión, si se gira hacia el lado 2 se hace menos esfuerzo y hacia el 3 aumenta el mismo.

Figura 34. **Ajuste de prénsatela en *overlock***

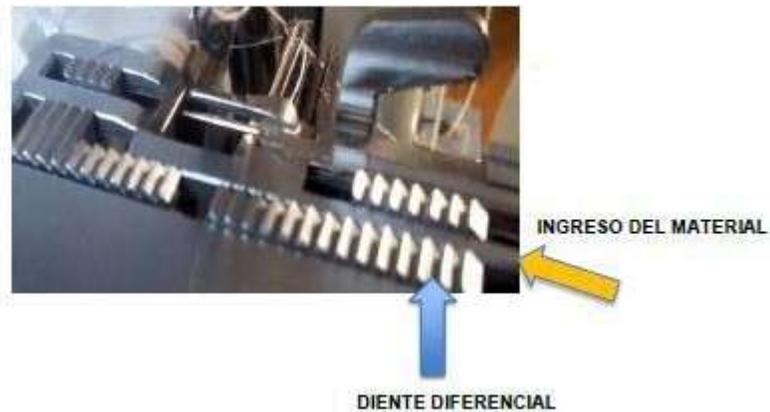


Fuente: elaboración propia.

2.11.2 Ajustes de diferencial

El diferencial son los dientes auxiliares que transportan el material en la máquina de costura, tiene como objetivo compensar la alimentación de la tela durante la costura, pudiendo ser ajustado de forma independiente a los demás dientes de transporte (o de alimentación).

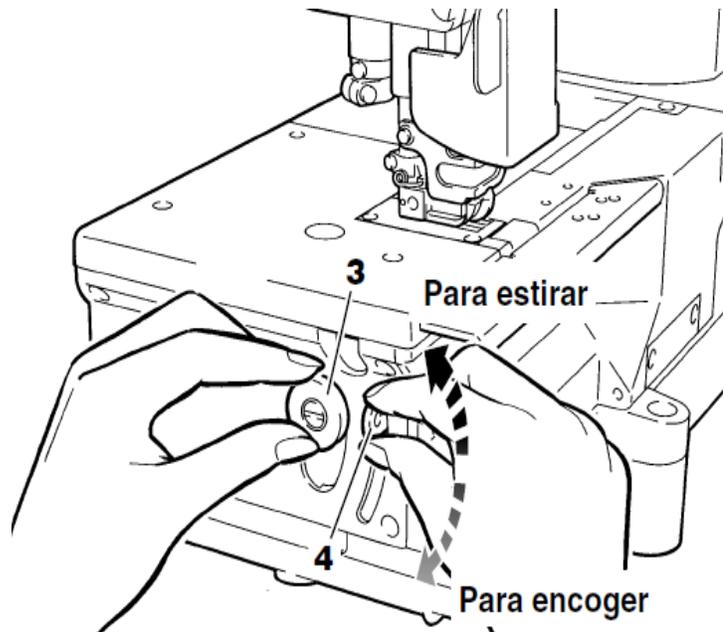
Figura 35. Ajuste de diferencial en *overlock*



Fuente: elaboración propia.

Para ajustar el diferencial en máquina collaretera se tiene que aflojar la tuerca 3. Para aumentar el diferencial se tiene que bajar la palanca 4, lo cual hace que la tela se encoja. La disminución del diferencial se realiza levantando la palanca 4 y hará que la tela se estire.

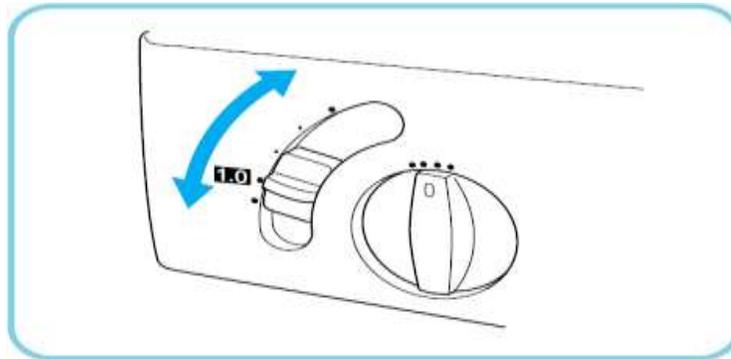
Figura 36. **Ajuste de diferencial en collaretera**



Fuente: elaboración propia

Sobre el ajuste de diferencial en máquina *overlock*: al ajustarse en el número 1,0 los alimentadores se desplazarán a velocidad idéntica.

Figura 37. **Ajuste de diferencial en *overlock***



Fuente: elaboración propia.

Si se ajusta el diferencial menos que 1,0 los alimentadores delanteros van a moverse más despacio que los traseros, esta relación es buena cuando se está cociendo en telas que tienen alta tendencia a arrugarse. En caso de ajustarse a un valor superior a uno, los alimentadores delanteros van a moverse más rápido que los traseros, en esta relación se pueden quitar arrugas. Para efectos del estilo en curso se hizo el ajuste en 1.

2.11.3 Ajustes de tensiones

El instrumento que se utiliza es un tensiómetro, en el cual se tiene que medir la tensión en gramos fuerza, en que el hilo tiene que estar tensionado en la máquina.

Tabla XII. **Tensiones**

Operación	tensión (gr)
S.C de Rib	190
Unir hombros	175
Pegar cuello	290
Limpiar cuello	150
S.C de cuello	275
Pegar cinta de cuello	380
Pegar manga	200
Cerrar costados + etiqueta	275
Ruedo de manga	200
Ruedo de fondo	275

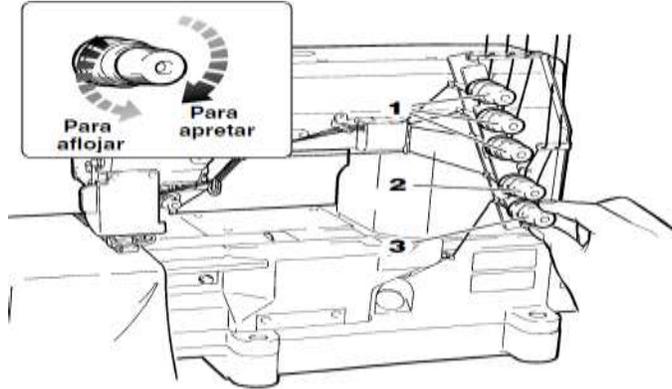
Fuente: elaboración propia.

La tabla XIII indica la tensión (fuerza) en gramos que debe efectuarse por cada máquina, según la operación que realice, este ajuste debe hacerse en los botones de ajuste de tensiones, utilizando un tensiómetro. Ya con la planificación de las tensiones que lleva el estilo se puede quitar esta actividad como interna, debido a que ya no se tienen que hacer pruebas para poder calibrar la tensión. La graduación de la máquina se realiza de la siguiente manera.

Ajuste de tensiones en máquina collaretera, a continuación se lista la función de cada botón:

Tensión 1: para ajustar el hilo del prénsatelas. Tensión 2: para ajustar el hilo de la parte superior. Tensión 3: para ajustar el hilo del prénsatelas.

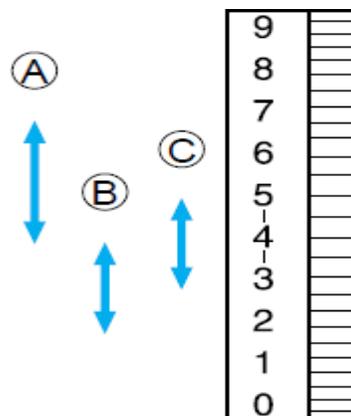
Figura 38. **Ajuste de tensiones en collaretera**



Fuente: elaboración propia.

Para apretar se tiene que girar perillas hacia la derecha, para aflojar hacia la izquierda. En el ajuste en máquina *overlock* la condición normal de tensión tiene que estar en el punto 4.

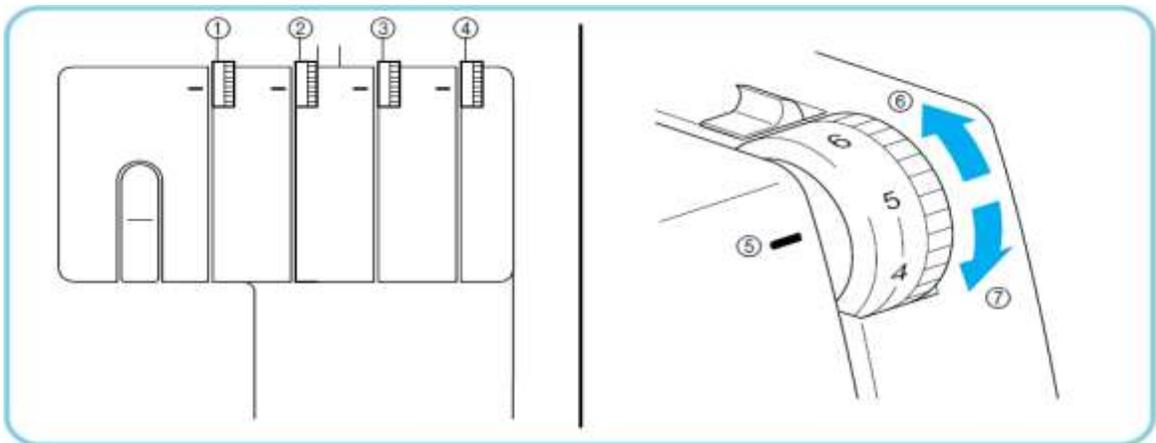
Figura 39. **Ajuste de tensiones en overlock**



Fuente: elaboración propia.

Se adjunta vista de planta y panorámico del ajuste de tensiones en una máquina *overlock*.

Figura 40. **Vista de planta de isométrico ajuste de tensiones en *overlock***



Fuente: elaboración propia.

2.12 Eliminación de búsquedas

Las búsquedas de accesorios se eliminan por medio de la aplicación de 5S, en donde se hacen muebles de madera para poder almacenar los accesorios de costura, entre ellos los gauges, fólder y espirales.

Figura 41. Mueble para aguja y *gauges*



Fuente: elaboración propia.

En la figura 41 se observa un mueble especial en donde se guardan las agujas, según el gauge que se necesitan en las máquinas.

Figura 42. Mueble para fólder y espirales I



Fuente: elaboración propia.

2.13 Mecanización de las operaciones

La mejora en el proceso de ajustes incluye la mecanización de pernos de sujeción rápida, para acelerar el proceso de atornillado que se da dentro de los ajustes, tanto de máquinas *overlock* como en collareteras.

Figura 43. **Herramienta de sujeción rápida**



Fuente: elaboración propia.

Aparte del tornillo de sujeción, se instala una lámpara con lupa de aumento, la cual sirvió para tener una iluminación focalizada y con aumento para mejorar el tiempo en la realización de ajustes.

Figura 44. Lámpara con lupa

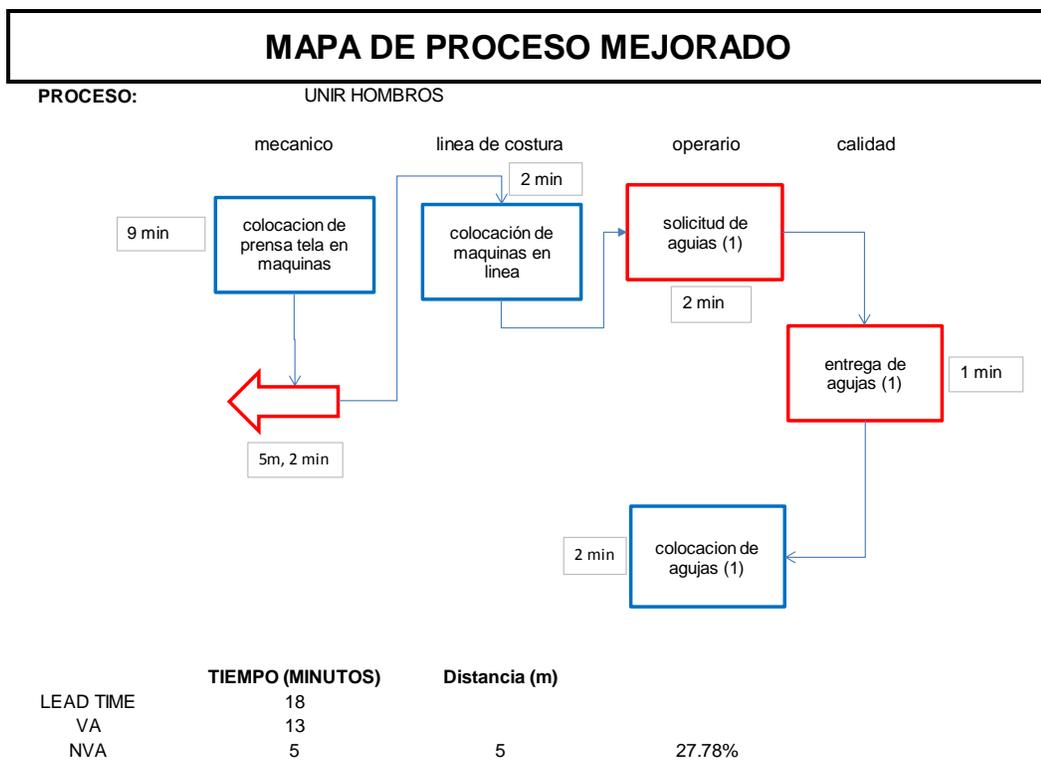


Fuente: elaboración propia.

2.14.2 Preparación de unir hombros

A continuación se presenta el mapa de procesos mejorado, efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 46. Mapa del proceso mejorado. Unir hombros

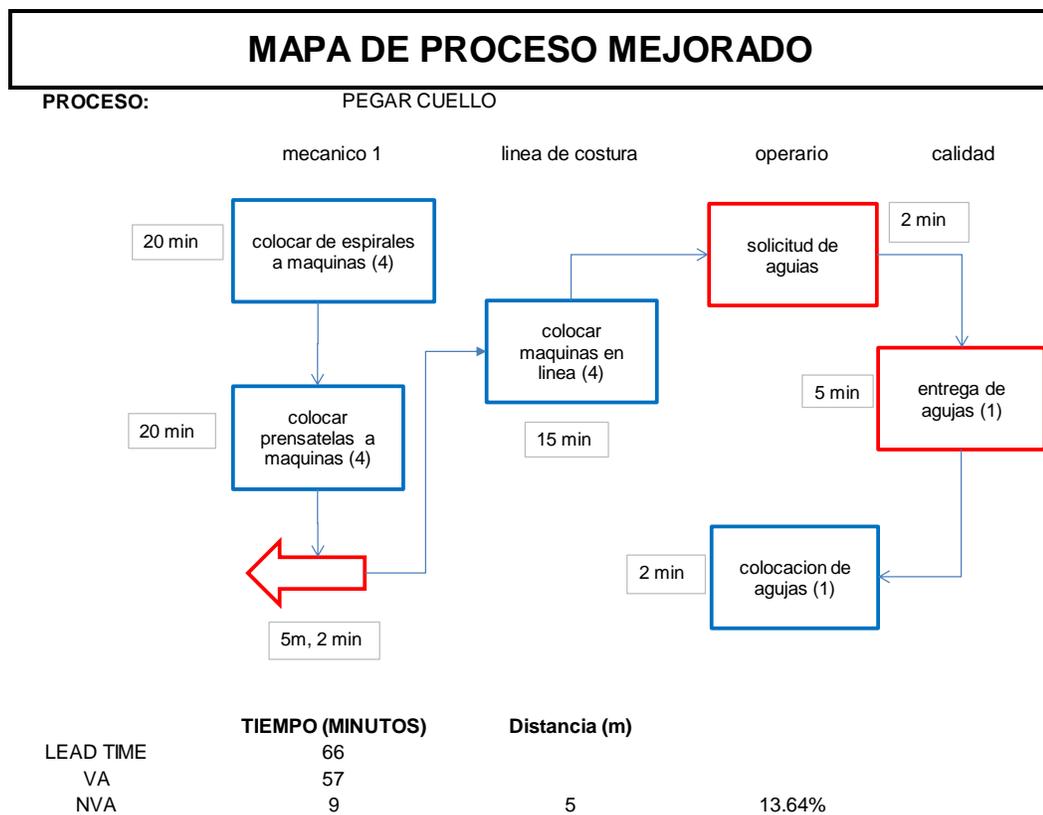


Fuente: elaboración propia

2.14.3 Preparación de pegar cuello

A continuación se presenta el mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 47. Mapa de proceso mejorado. Pegar cuello

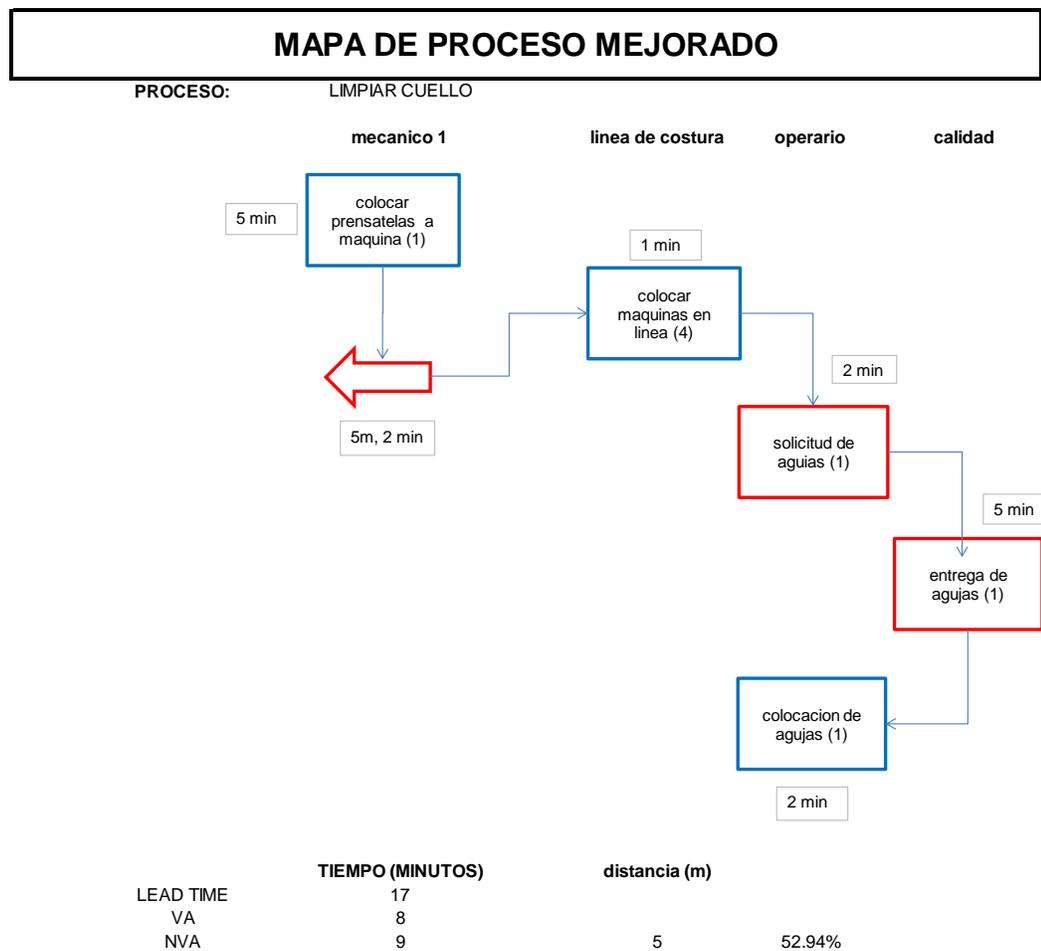


Fuente: elaboración propia.

2.14.4 Preparación de limpiar cuello

A continuación se presenta mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 48. Mapa de proceso mejorado. Limpiar cuello

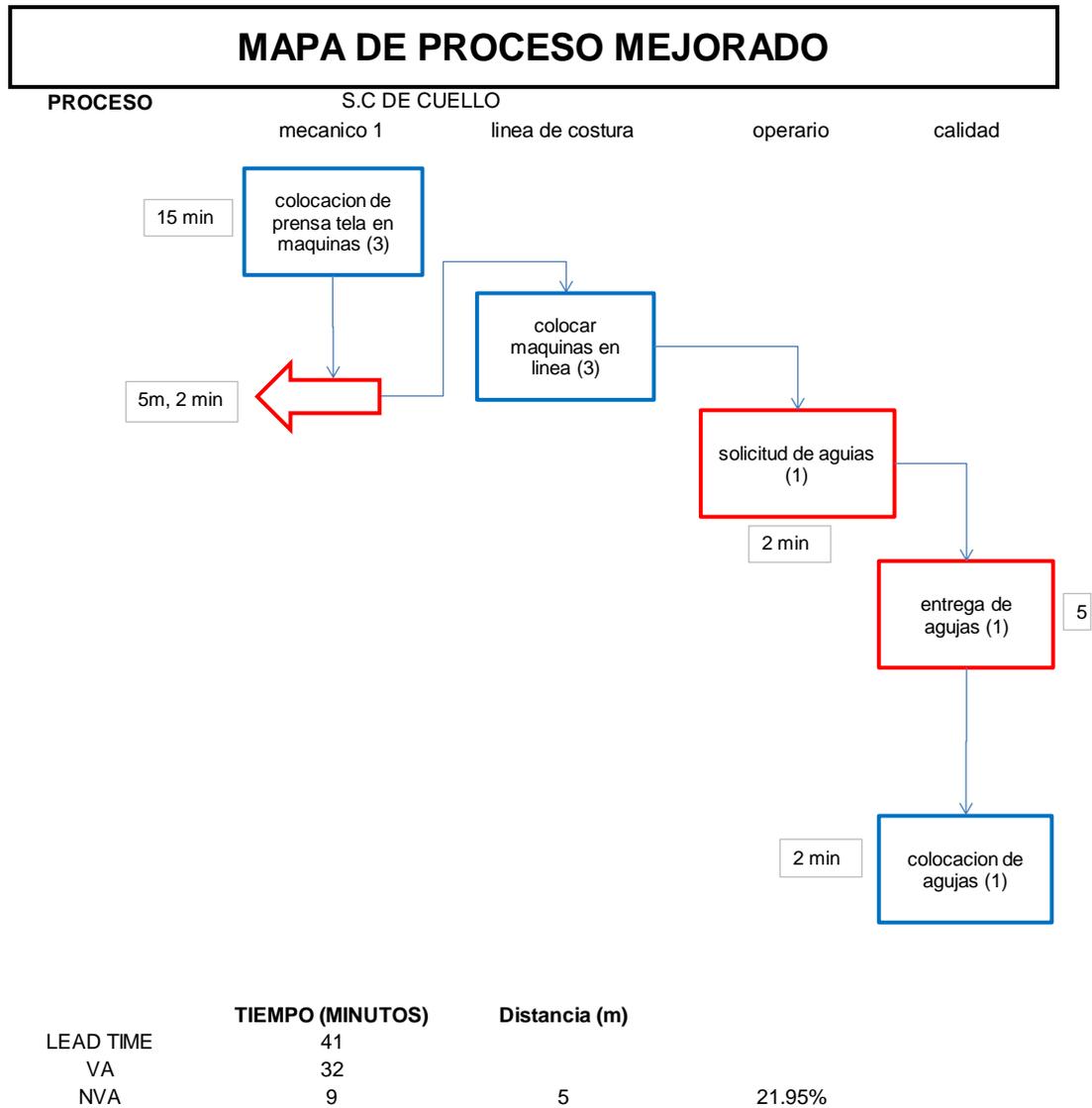


Fuente: elaboración propia

2.14.5 Preparación de sobrecostura de cuello

A continuación se presenta mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 49. Mapa del proceso mejorado. S.C. de cuello

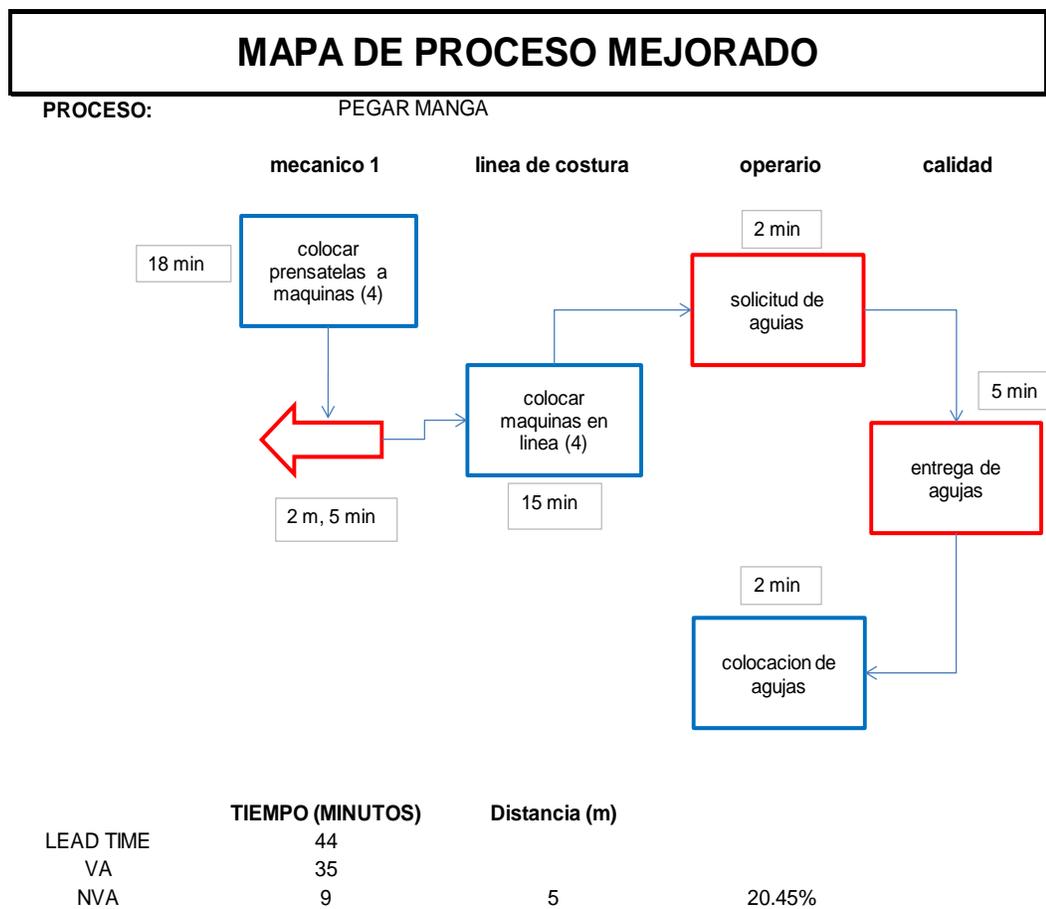


Fuente: elaboración propia.

2.14.7 Preparación de pegar manga

A continuación se presenta mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 51. Mapa del proceso mejorado. Pegar manga

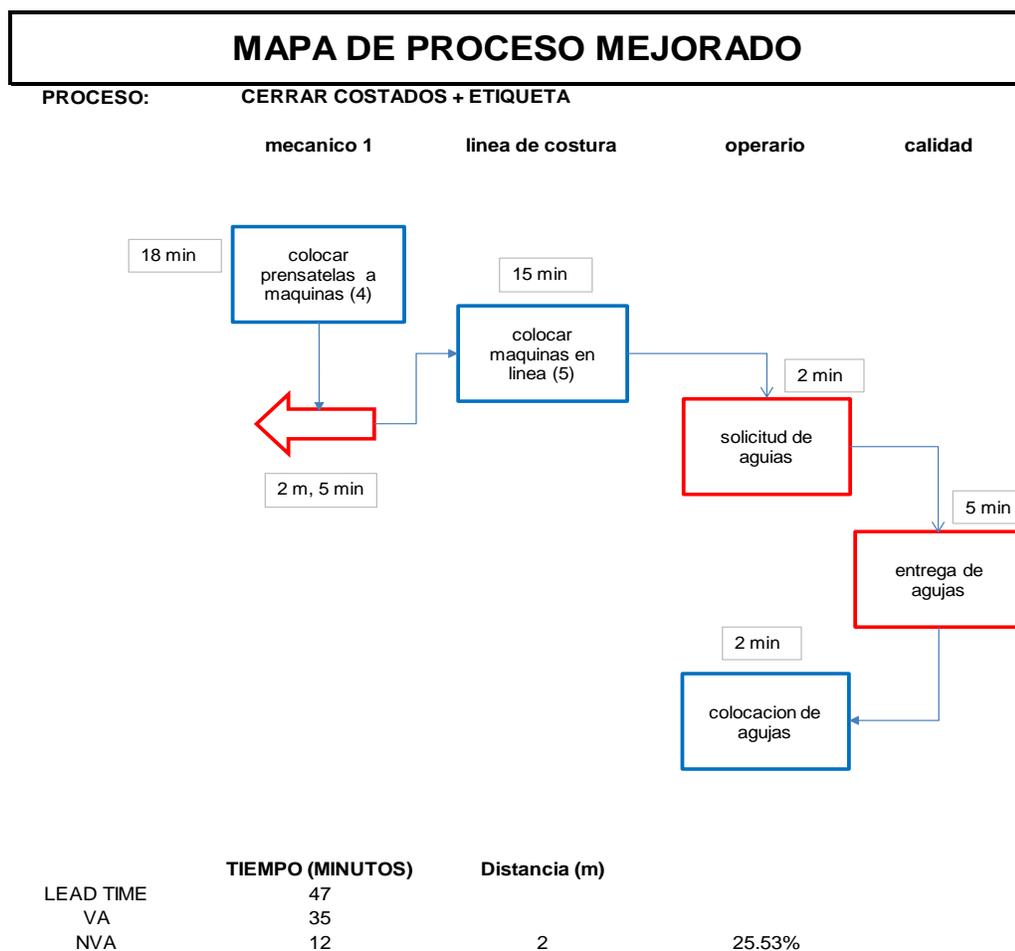


Fuente: elaboración propia.

2.14.8 Preparación de cerrar costados + etiqueta

A continuación se presenta mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 52. Mapa del proceso mejorado. Cerrar costados + etiqueta

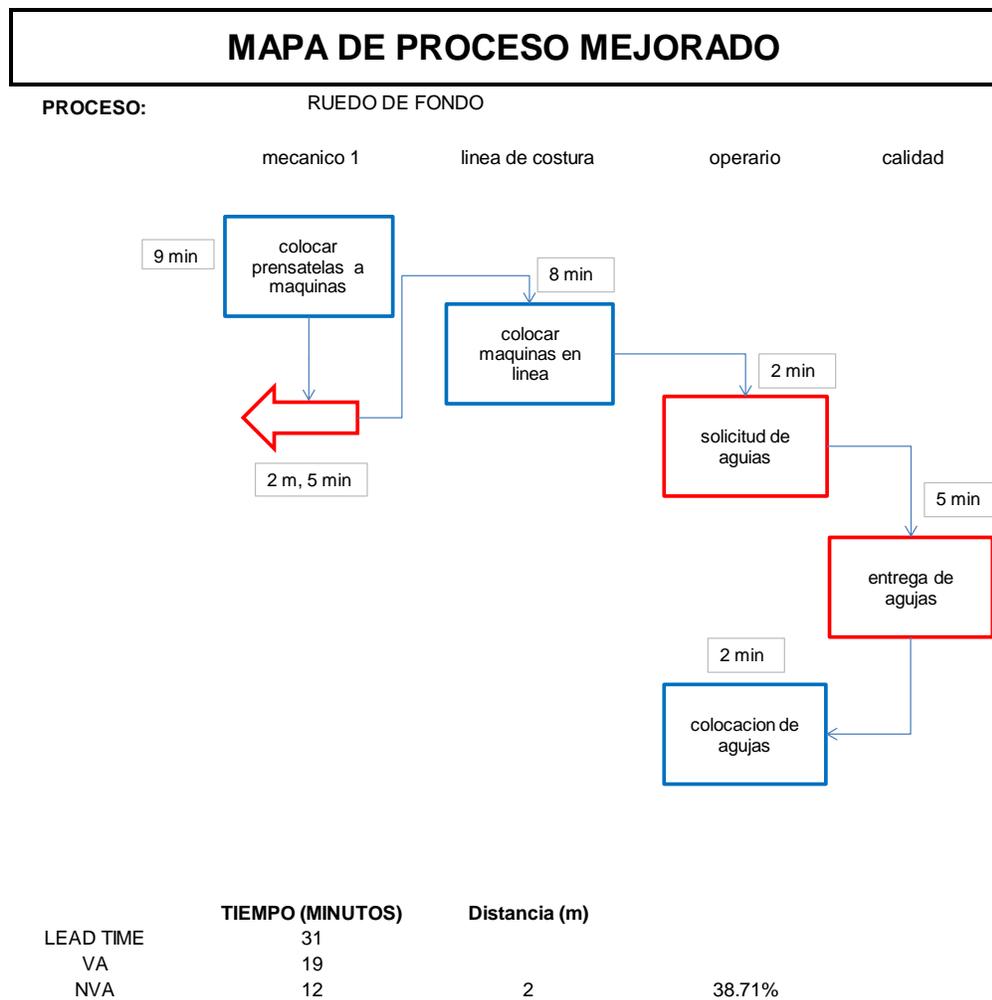


Fuente: elaboración propia.

2.14.9 Preparación de ruedo de fondo

A continuación se presenta mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 53. Mapa del proceso mejorado. Ruedo de fondo

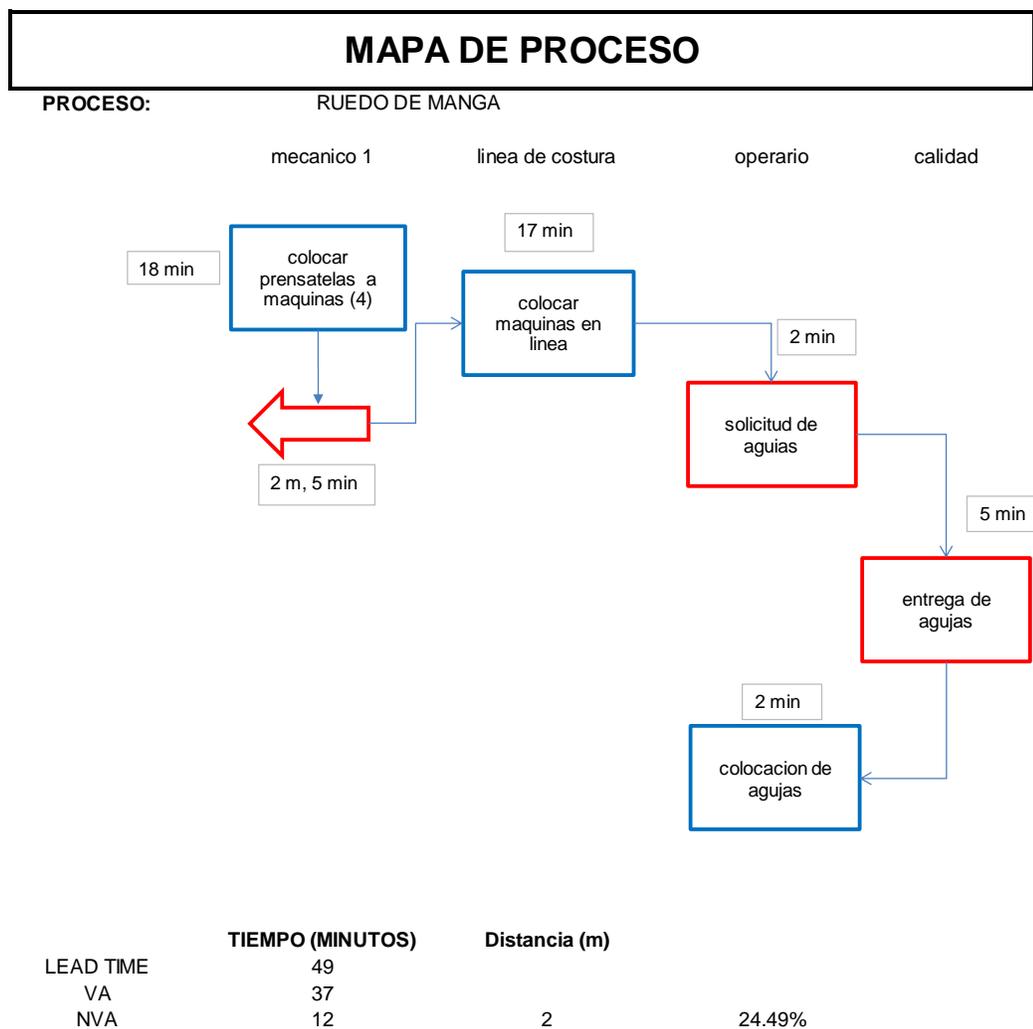


Fuente: elaboración propia.

2.14.10 Preparación de ruedo de manga

A continuación se presenta mapa de procesos mejorado efectuando mejoras en las actividades internas.

Figura 54. Mapa del proceso mejorado. Ruedo de manga



Fuente: elaboración propia.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos planteados. Se utilizó la estadística descriptiva de toda la información obtenida, así como una discusión final para tener una finalización objetiva de todos los hallazgos encontrados, así como las mejoras realizadas.

3.1 Determinar el impacto de las causas en tiempo y porcentaje de la Implementación de SMED

A continuación se ve el cuadro resumen luego de la finalización de la implementación de SMED.

Tabla XIII. Mapa de procesos mejorado

Proceso	lead time (min)	lead time (hrs)	VA (min)	NVA (min)	Transporte (m)	Muda (%)
S.C de rib	56	0,93	47	9	15	16,07 %
Unir hombros	18	0,30	13	5	5	27,78 %
Pegar cuello	66	1,10	57	9	10	13,64 %
Limpiar cuello	17	0,28	8	9	5	52,94 %
S.C de cuello	41	0,68	32	9	5	21,95 %
Cinta de cuello	56	0,93	47	9	5	16,07 %
Pegar manga	44	0,73	35	12	5	20,45 %
Cerrar costados + etiqueta	47	0,78	35	12	2	25,53 %
Ruedo de manga	49	0,82	37	12	2	24,49 %
Ruedo de fondo	31	0,52	19	12	2	38,71 %
	425	7,08	330	98	56	23,05 %

Fuente: elaboración propia.

Con base en el cuadro anterior se tiene una muda total de un 23,05 % (dividir NVA/*lead time*). El tiempo total que se necesita para hacer el cambio de estilo fue de 425 minutos, el equivalente a 7,08 horas. La reducción en el tiempo total del cambio es de un 59 %, donde se tenían 17,38 horas de preparación y se redujo a 7,08 hrs. A continuación se presenta la estadística descriptiva en la que se presentan las medidas de tendencia central, así como de dispersión.

Tabla XIV. **Estadística antes de SMED**

media	69,53
Desviación standard	33,47
suma	1043
mínimo	15
Q1 (cuartil 1)	32
mediana	82
Q3 (cuartil 3)	98
Máximo	118

Fuente: elaboración propia.

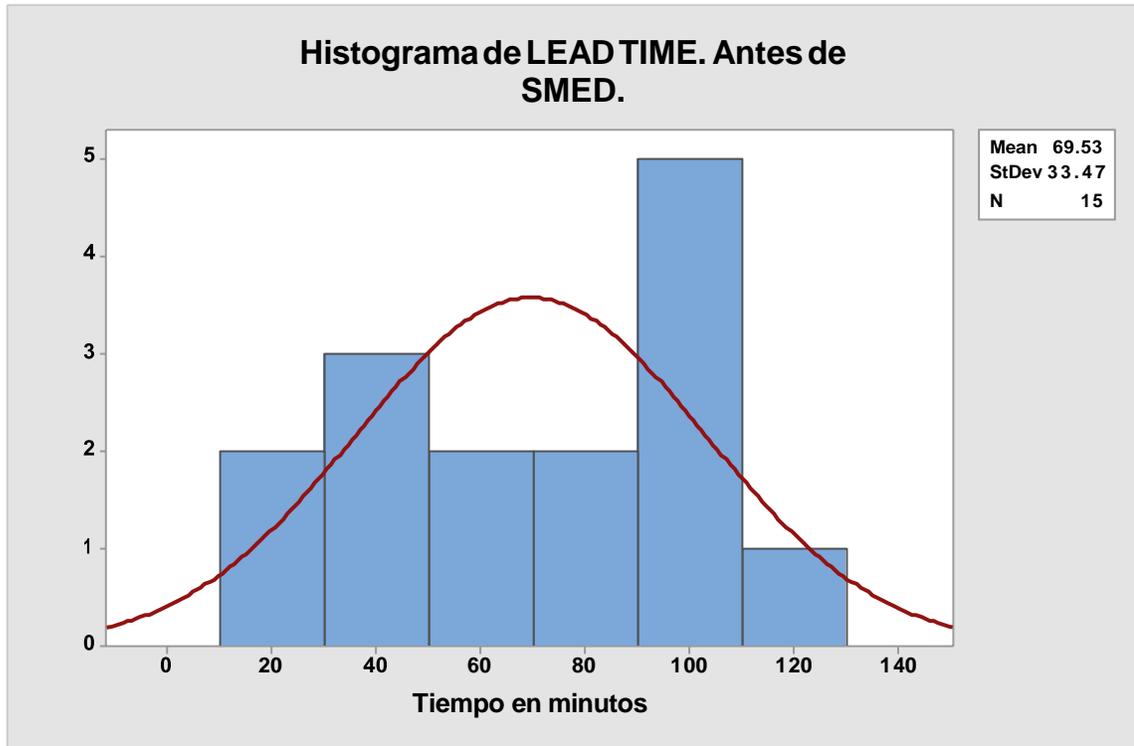
La tabla XV indica que la suma total del tiempo invertido es de 1 043 minutos, con una media de tiempo de 69,53 minutos (con 15 actividades de preparación), y también se despliega más estadística, pero el *lead time*, NVA y transporte son los factores con los que se hacen las conclusiones.

3.1.1 Histograma con curva normal

En la figura 56 se presenta un gráfico en el cual se analiza un histograma con curva normal, el cual indica que se tiene una media de 69,53 minutos con una alta desviación estándar de 33,47 minutos. Estos datos se toman de la

información de los tiempos de cada operación de cambio de estilo.

Figura 55. **Histograma del *lead time*. Antes de SMED**

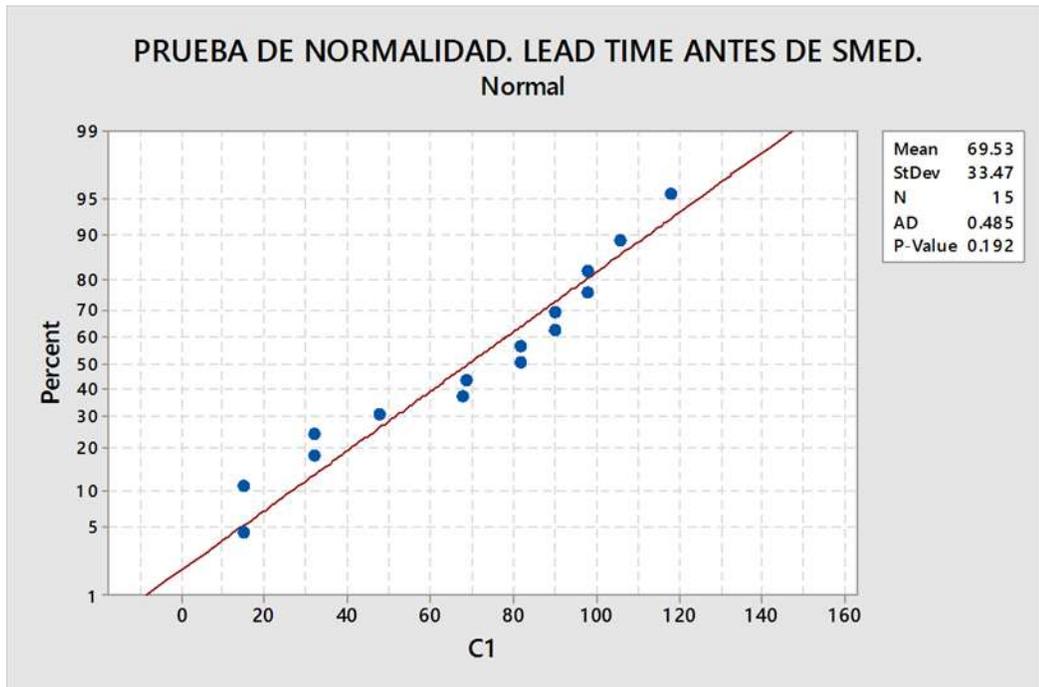


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.2 Prueba de normalidad antes de SMED

La prueba de normalidad de la figura 57 indica que los datos son normales debido a que representan un valor p (probabilidad de observar un valor muestral tan extremo o más que el valor observado) de 0,192. Y cuando este valor es mayor que 0,05, valor alfa (error estadístico), indica que hay normalidad en la distribución (efectuado en minitab 17).

Figura 56. Prueba de normalidad. Antes de SMED

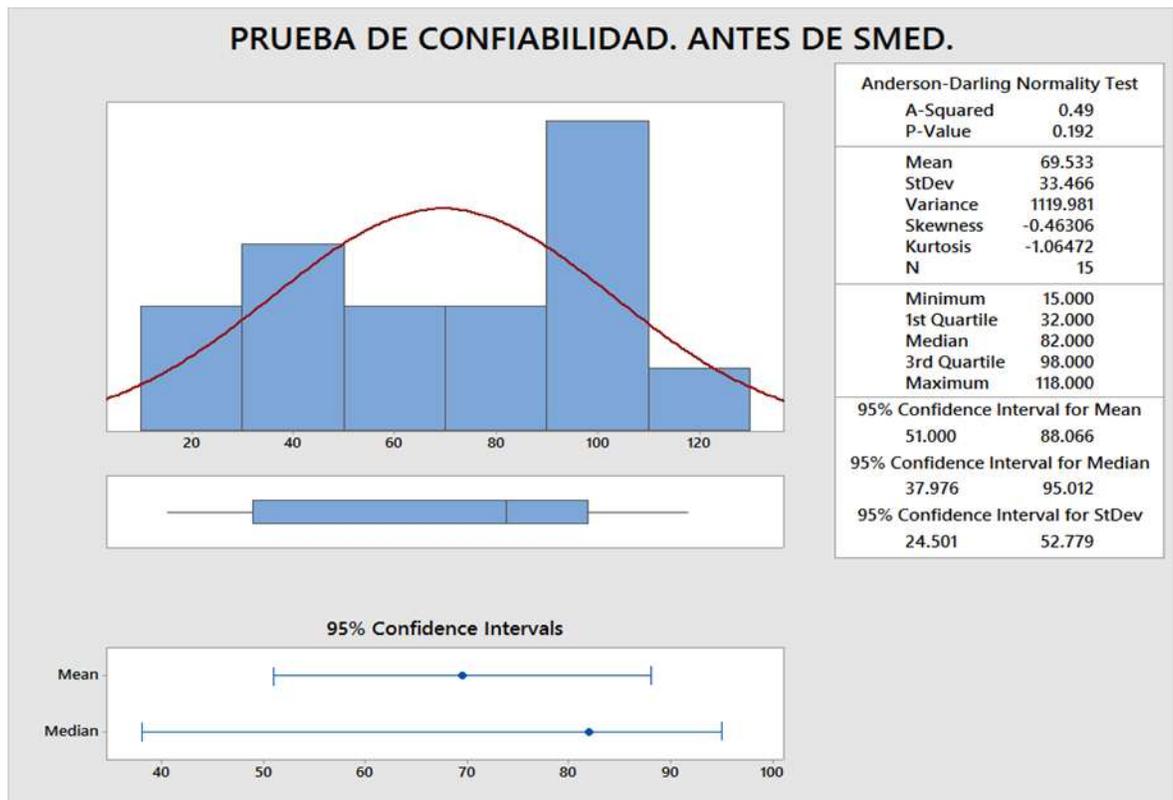


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.3 Prueba de confiabilidad antes de SMED

Con una confianza del 95 %, para la media se tienen los siguientes intervalos de confianza. Tienen que estar en un rango de 51 y 88,066.

Figura 57. Prueba de confiabilidad. Antes de SMED



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.4 Gráfico I-MR. Antes de SMED

A continuación se presenta el gráfico I-MR (gráfico para monitorear media y variación del proceso), en el cual se muestra que el proceso es estable antes del cambio, porque todos los puntos de análisis están dentro de los límites de control. Para encontrar los límites se calcula el promedio de los datos (69,53 minutos), luego se calcula el rango móvil con valor absoluto de los datos y se promedia cada uno de los mismos. Para el gráfico I se usa una constante para muestras de tamaño 1 de 1,28, se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{LCS} = \text{media} + (3 * (\text{promedio de rangos móviles} / 1,128))$$

$$\text{LCC} = \text{media}$$

$$\text{LCI} = \text{media} - (3 * (\text{promedio de rangos móviles} / 1,128))$$

Para el gráfico MR se usa una constante para muestras de tamaño 1 de 3,267 para el LCS y de 0 para el LCI, se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{LCS} = 3,267 * \text{promedio de rangos móviles}$$

$$\text{LCC} = \text{promedio de rangos móviles}$$

$$\text{LCI} = 0 * \text{promedio de rangos móviles}$$

Tabla XV. Cálculo de límites. Antes de SMED. Gráfico I-MR

No.	datos	Rango Móvil (abs)
1	32	
2	15	17
3	90	75
4	15	75
5	90	75
6	68	22
7	69	1
8	118	49
9	32	86
10	98	66
11	98	0
12	106	8
13	82	24
14	82	0
15	48	34

69,53 38,00

GRAFICO I

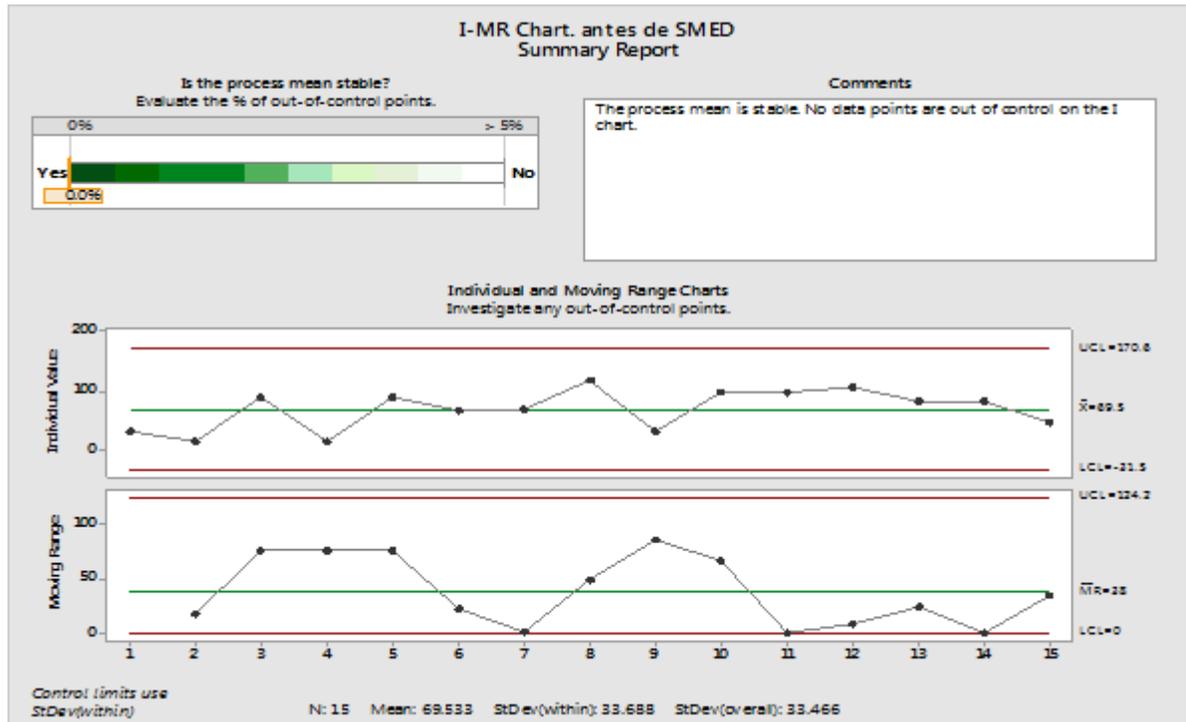
LCS	170,60
LCC	69,53
LCI	-31,53
constante	1,128

GRAFICO MR

LCS	124,15
LCC	38,00
LCI	0,00
constante LCS	3,267
constante LCI	0,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Gráfico I-MR. Antes de SMED



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.5 Estadística después de SMED

La tabla XVI indica que la suma total del tiempo invertido es de 425 minutos, con una media de tiempo de 42,50 minutos (con 10 actividades de preparación), y también se despliega más estadística, pero el *lead time* y media son los factores con los que se hacen las conclusiones.

Tabla XVI. **Estadística después de SMED**

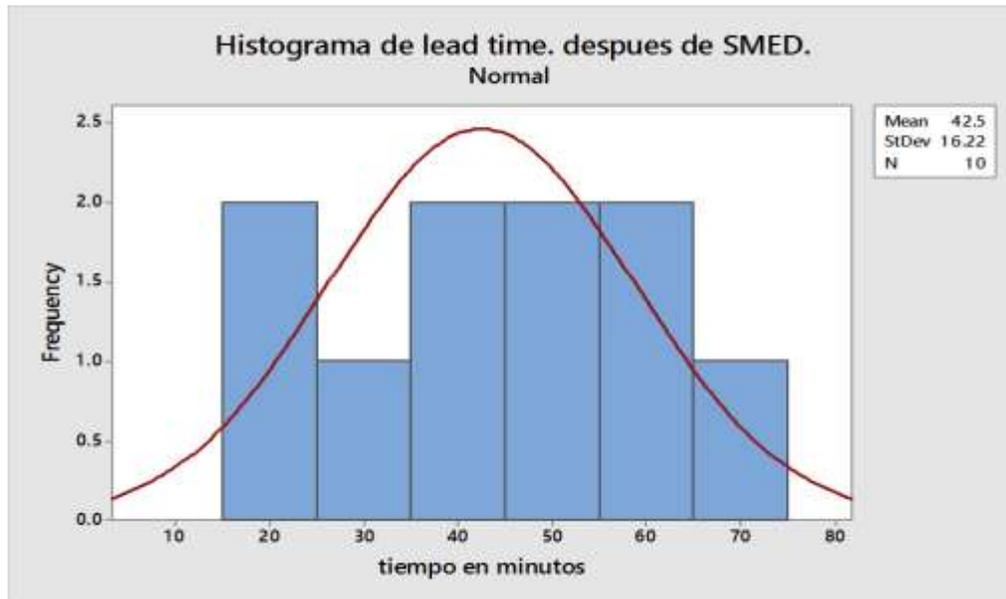
media	42,50
Desviación standard	16,22
suma	425
mínimo	17
Q1 (cuartil 1)	27,75
<i>mediana</i>	45,60
Q3 (cuartil 3)	56
<i>Máximo</i>	66

Fuente: elaboración propia.

3.1.6 Histograma con curva normal

El histograma de la figura 59 con curva normal indica que se tiene una media de 42,5 minutos (con una desviación estándar de 16,22 minutos) en los tiempos de hacer ajustes de máquina para cada una de las 10 operaciones internas en que se tiene ya efectuada la mejora.

Figura 59. Histograma de *lead time*. Después de SMED

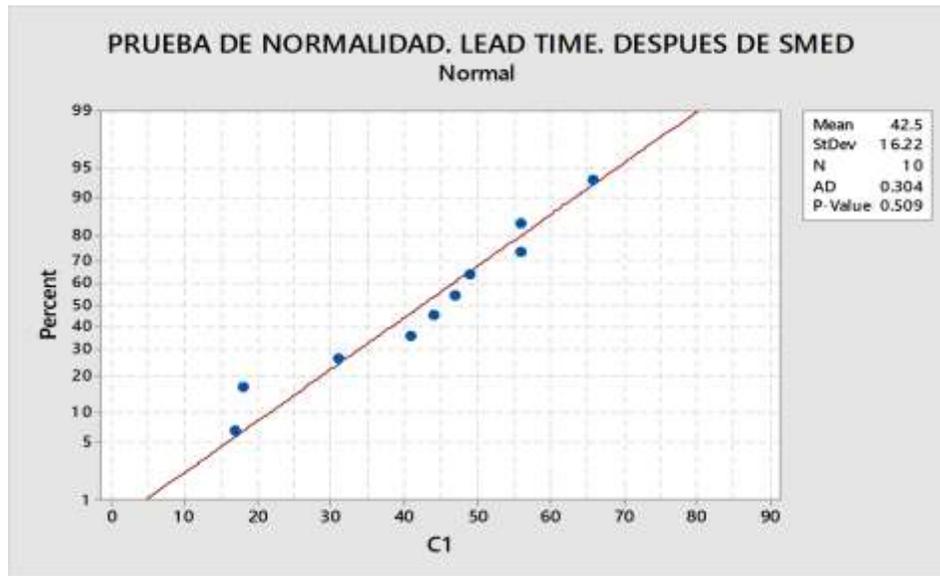


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.7 Prueba de normalidad

En la figura 60 se muestra el gráfico de normalidad, donde los datos son normales debido a que el valor P (probabilidad de observar un valor muestral tan extremo o más que el valor observado), es mayor al valor alfa (error estadístico: 0,05). El nivel de confiabilidad es del 95 %.

Figura 60. Prueba de normalidad. Después de SMED

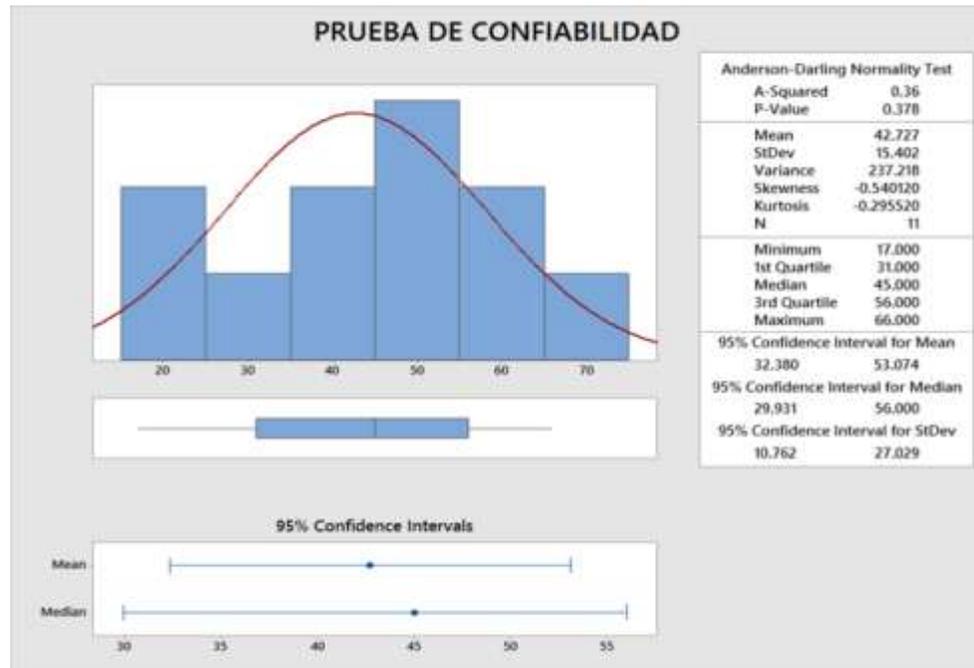


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.8 Prueba de confiabilidad. Después de SMED

Con una confianza del 95 %, para la media se tiene los siguientes intervalos de confianza: 32,38 y 53,07.

Figura 61. Prueba de confiabilidad. Después de SMED



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.9 Gráfico I-MR. Después de SMED

A continuación se presenta el gráfico I-MR (gráfico para monitorear media y variación del proceso), el cual muestra que el proceso es estable antes del cambio, porque todos los puntos de análisis están dentro de los límites de control. Para encontrar los límites se calcula el promedio de los datos (42,5 minutos), luego se calcula el rango móvil con valor absoluto de los datos y se promedia cada uno de los mismos. Para el gráfico I se usa una constante para muestras de tamaño 1 de 1,128, se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{LCS} = \text{media} + (3 * (\text{promedio de rangos móviles} / 1,128))$$

$$\text{LCC} = \text{media}$$

$$\text{LCI} = \text{media} - (3 * (\text{promedio de rangos móviles} / 1,128))$$

Para el gráfico MR se usa una constante para muestras de tamaño 1 de 3,267 para el LCS y de 0 para el LCI, se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{LCS} = 3,267 * \text{promedio de rangos móviles}$$

$$\text{LCC} = \text{promedio de rangos móviles}$$

$$\text{LCI} = 0 * \text{promedio de rangos móviles}$$

Tabla XVII. **Tabla de cálculo de límites. Después de SMED. Gráfico I-MR**

No.	datos	Rango Móvil (abs)
1	56	
2	18	38
3	66	48
4	17	49
5	41	24
6	56	15
7	44	12
8	47	3
9	49	2
10	31	18
	42,50	23,22

GRAFICO I	
LCS	104,26
LCC	42,50
LCI	-19,26

constante 1,128

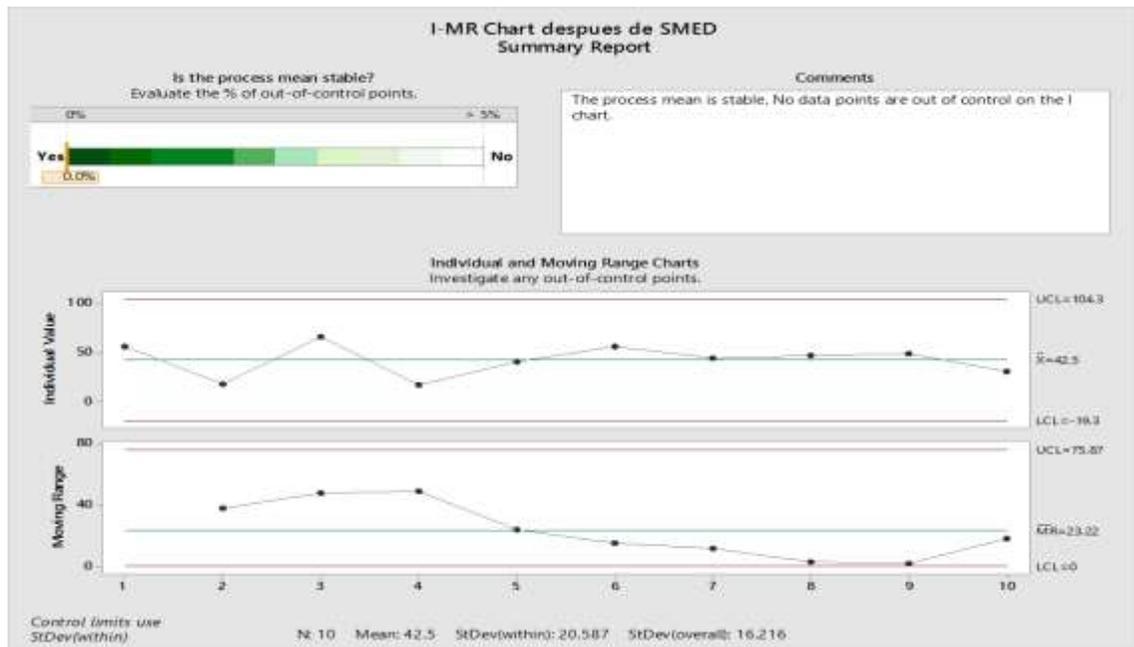
GRAFICO MR	
LCS	75,87
LCC	23,22
LCI	0,00

constante LCS 3,267

constante LCI 0,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 62. Gráfico I-MR. Después de SMED

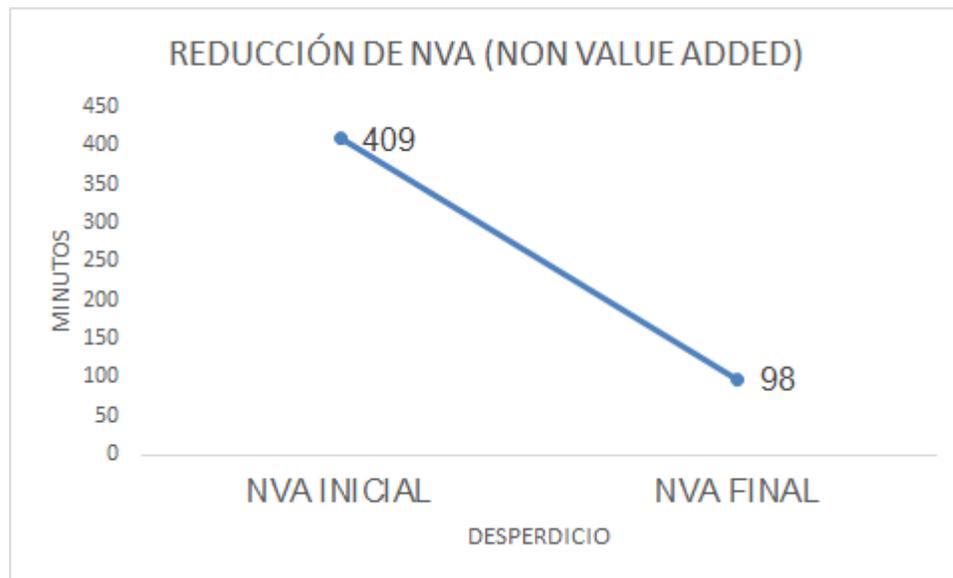


Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 17.

3.1.10 Análisis de reducción de NVA

A continuación se muestra un gráfico con la reducción de actividades que no agregan valor (NVA). La figura 53 indica que la reducción de NVA es de un 76 % (se calcula de la siguiente manera $(409-98)/(409)$), porque al inicio se tiene un *lead time* de 409 minutos y luego de la implementación se reduce a 98 minutos.

Figura 63. **Gráfico antes y después del cambio**



Fuente: elaboración propia.

3.2 Reducción en las demoras en la realización de cambios

La reducción es de un 100 %. Entiéndase por demoras a las búsquedas, revisiones y reajustes. Las mismas se colocaron con el símbolo D en cada uno de los diagramas de flujo de proceso. Es importante para la realización de un cambio tener un manual en el cual se tiene una guía en donde estén todas las especificaciones de tipos de máquinas, accesorios de estas, tiempos estándar (SAM), secuencia de operaciones, entre otros.

En vista de la falta de estandarización y criterios homogéneos para poder montar un estilo a una línea de costura, se procede a la realización de un manual del estilo NJ14T103C. Toda actividad en que no exista una transformación de la prenda se toma como muda (desperdicio), por lo que las

búsquedas de materiales o de accesorios para las máquinas conllevan un tiempo perdido que tiene que ser reducido o eliminado.

Tabla XVIII. **Guía técnica**

máquina	operación	No. aguja	Cant. agujas	Prensa tela	conos	Gauge (plg)	guía	accesorio
Collaretera	S.C de Rib	9	2	no	1	1/8	Si	Espiral y folder
<i>Heat transfer</i>	<i>Heat transfer</i>	na	0	Si	4	n/a	No	No
<i>Overlock</i>	Unir hombros	9	1	n/a	0	1/4	Si	No
<i>Overlock</i>	Pegar cuello	9	2	Si	4	1/4	Si	Espiral
<i>Overlock</i>	Limpiar cuello	9	1	Si	4	1/4	No	No
Collaretera	SC de cuello	9	2	Si	4	1/8	No	No
Cerradora	Cinta de cuello	9	2	Si	4	3/8	Si	Espiral y folder
<i>Overlock</i>	Pegar Manga	9	1	Si	4	1/4	No	No
<i>Overlock</i>	Cerrar costados + etiqueta	9	2	Si	4	1/4	Si	No
Collaretera	Ruedo de manga	9	1	Si	4	1/4	No	No
Collaretera	Ruedo de fondo	9	2	Si	4	1/8	No	No

Fuente: elaboración propia.

La tabla XIV es el resultado final y muestra la utilidad de hacer el cambio, debido a que se tienen todas las variables que llevan las máquinas para tener una estandarización y evitar atrasos inesperados.

3.3 Reducir la cantidad de operaciones y desperdicios

La reducción de operaciones incluyó:

- Búsquedas
- Prénsatela
- Fólder
- Espiral

Las búsquedas fueron eliminadas porque se implementa un sistema de control visual que soluciona el problema de búsqueda de accesorios.

- Ajustes
- Prensatela
- Folder
- Espiral
- Revisión
- Ajustes

Los ajustes y revisiones se eliminan por medio de la estandarización de máquinas *overlock* y collareteras que están listas para operar independientemente del estilo que se produzca en las líneas de costura. En la mecanización se utilizan dos herramientas para la reducción del tiempo de ajuste.

- Perno de sujeción rápida.
- Lámpara con lupa de aumento.

Se hace un estudio de tiempos para medir el impacto del tornillo de sujeción, el cual se muestra a continuación:

- Tornillos en prénsatela.
- Tornillos en bombillo de luz.
- Tornillos para colocar agujas.
- Tornillo de presión de prénsatela.
- Tornillos de ajuste en *looper*.
- Tornillos para ajustar poleas.

Con la utilización de los pernos de sujeción rápida y las lámparas con lupa de aumento los ajustes son veloces, impactando en la reducción de *lead time*. Las operaciones se redujeron en 5, equivalente a un 33,33 %. Antes eran 15 y después de la implementación son 10. El desperdicio se redujo en 311 minutos, equivalente a 76 %. Antes eran 409 minutos y después de la implementación son 98. El transporte en metros tuvo una reducción del 47 %.

3.4 Implementar SMED en un departamento de costura

Para dar respuesta al problema principal que son las demoras en los cambios de estilo, la preparación previa al cambio es vital para reducir la variabilidad, la reducción de ajustes a las máquinas de coser por medio de la mejora en herramientas que usen los mecánicos. Tener una iluminación adecuada no menor a 700 luxes es para que exista la rápida ubicación de las máquinas y poder ejecutar maniobras de cambios.

La implementación de una guía técnica de los estilos más recurrentes en donde se tenga información de los accesorios que se necesita para cada tipo de máquina y operación es vital para implementar SMED. Producción, ingeniería y mantenimiento tienen que trabajar en equipo para hacer los cambios. Ingeniería tiene que tener las guías técnicas con una semana de anticipación y trasladar las mismas a mantenimiento para que se tengan listos todos los accesorios, y producción debe tener el plan con la fecha exacta de los cambios para poder ejecutarlos rápida y eficazmente. La evaluación de los resultados se hizo por medio de la cronometración del tiempo de todas las actividades del cambio y se compararon con el dato histórico inicial.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Antes de implementar SMED no se sabía las causas raíz del problema, pero usando herramienta de manufactura esbelta e ingeniería industrial, se logra detectar las causas raíz que se enfocan en mano de obra y método, también es importante el apoyo de la dirección para implementar este tipo de proyectos y suavizar la resistencia al cambio habitual.

4.1 Análisis interno

Los resultados obtenidos resultan de la comparación de los dos escenarios que se analizan, que son antes y después de la implementación. Se realiza estadística descriptiva con gráficos de barras, histogramas con curvas normales y gráficos de control, ya que la metodología que se utiliza para hacer las comparaciones es el método científico.

Los resultados presentados indican una reducción del tiempo muerto de un 59 % con una duración de 17,38 horas de duración antes de la implementación y 7,08 después de la misma. Esta mejora confirma los estudios realizados por Shigeo Shingo después de la Segunda Guerra Mundial, de que SMED sí funciona en cualquier ámbito de la industria ya que es aplicable en manufactura textil.

El transporte se reduce de 106 a 56 m, equivalente a un 47 %. Así

también con lo que respecta a NVA (*non value added*) de 39,21 % a 22,35 %. La investigación fue de carácter no experimental, ya que solo se aplica una metodología desarrollada anteriormente, en un momento específico en la línea del tiempo.

Los gráficos de control I-MR indican que se tiene un proceso estable antes y después de la implementación. También la fase de mecanización tiene su importancia porque la colocación de pernos de sujeción rápida agiliza la reducción del tiempo muerto. Los logros que se obtuvieron fueron la rápida implementación, el convencimiento del personal operativo en cuanto al funcionamiento de esta metodología, donde el obstáculo principal fue la resistencia al cambio que en un inicio tenían los mecánicos, debido a que no querían usar los muebles que se hicieron para el almacenamiento de agujas, folder y espirales, así como la utilización de las herramientas de sujeción rápida y las lámparas con lupa, para cuando se tenían que hacer los ajustes.

4.2 Análisis externo

Varias citas bibliográficas hacen mención acerca de SMED. Gómez (2012) indicó “que se logró demostrar la eficiencia de la metodología SMED” (p.15). Sí existe correlación entre el enunciado antes descrito y el 59 % de reducción de tiempo muerto obtenido en la presente implementación.

Es una herramienta que incrementa la productividad en la que Deming (1982) estableció que la productividad “progresas al reducir la variación” (p.2). Este enunciado está alineado con la investigación porque con la estandarización que se realizó se logró una reducción del tiempo muerto significativamente. SMED es una técnica en la que Shigeo Shingo (1985) indicó que “Toyota redujo el montaje de máquinas troqueladoras de 4 horas a 3

minutos” (p.5). Sí existe paralelo entre lo desarrollado por este ingeniero japonés y el resultado de la presente investigación porque en ambas implementaciones hubo reducción drástica del tiempo muerto.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el *lead time* total por cambio de estilo se redujo de 17,38 a 7,08 horas, equivalente a un 59 % de mejora. Se toma como parámetro el *lead time*, ya que es el tiempo total necesario para hacer el cambio de estilo, desde el estilo anterior hasta la finalización de todos los cambios para el nuevo estilo colocado en la línea de producción. Se determinaron las causas que afectaban en el tiempo muerto del estilo entrante. No existía buena coordinación en el departamento de mantenimiento y producción para la realización de ajustes de máquinas previos a un cambio, así como que había desconocimiento técnico del estilo, por lo que las causas de los retrasos en los cambios se debían a factores de mano de obra y método.
2. Las demoras fueron reducidas en un 100 %. Son demoras todas aquellas actividades que acumulan tiempo pero no transforman. En los diagramas de flujo de proceso se simbolizan con D. se realizó una guía técnica en donde están detallados todos los accesorios que llevará el estilo NJ14T103C.
3. Se logró reducir la cantidad de operaciones, teniendo antes de la implementación un total del 15 y luego se reducen a 10. Así también el *non value added* (todas las actividades que no generan valor) se reduce un 76 %. El transporte en metros se redujo un 47 %. Se le dio

fortalecimiento con los muebles para los accesorios, pernos de sujeción rápida, lupas, utilización de tensiómetros y la implementación de actividades en paralelo, en la preparación de conos de hilo, etiquetas y *mobilon*. Todas las acciones descritas con anterioridad fueron de suma importancia para la reducción de operaciones y desperdicios.

4. De acuerdo con el objetivo general, se logró implementar con éxito la herramienta SMED en un departamento de costura con una duración total de 3 meses de estudio, análisis y mejoras. La reducción de un 59 % del *lead time* (tiempo total del cambio) demuestra que la metodología es eficiente, tal y como lo desarrolló Shigeo Shingo en Japón. El entregable más importante de la presente investigación es la guía técnica del estilo porque en la misma están detallados los accesorios por tipo de máquina y además lleva el desglose de todas las operaciones.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el estudio de estilos entrantes o de moda, en donde el objetivo primario sea hacer actividades externas (antes del cambio) o anticiparse con las preparaciones para así tener un *lead time* bajo. Se debe investigar la causa raíz de un problema para poder solucionarlo, por lo que se debe capacitar a los miembros del *staff* de las organizaciones para que exista una estandarización de cómo enfrentar los retos.
2. Realizar diagramas de proceso ya que la reducción de demoras, llámese búsquedas de accesorios y reajustes, son actividades que no generan valor. La implementación para cada estilo entrante es vital para el detalle técnico del estilo.
3. Para evitar desperdicios se deben tener estanterías para los accesorios, así como los muebles para almacenar agujas y herramientas con tecnología de punta, lo cual hará que los mecánicos sean más eficientes para colocar accesorios y tensionar máquinas.
4. Con la implementación de SMED se demuestra su eficacia reduciendo tiempos muertos, por lo que se recomienda utilizarla en cualquier tipo de industria, así como las herramientas de 5S, justo a tiempo, Kanban, mantenimiento productivo total (TPM), Poka Yoke, entre otros. Shigeo Shingo lo demostró en las fábricas de Japón, así también los ingenieros industriales guatemaltecos pueden mejorar esta metodología.

REFERENCIAS

1. Birmingham, F. y Jelinek, J. (2007). *Quick Changeover simplified, the manager's guide to improving profits with SMED*. NY, USA: The Kraus organization limited. Recuperado de [https://books.google.com.gt/books?id=b050MFZQK3cC&pg=PA113&dq=1.+Birmingham,+F.+y+Jelinek,+J.+\(2007\).+QuickChangeover+simplified,+themanager%E2%80%99s+guide+to+improving+profits+with+SMED.&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwi238XkirrrAhUDyFkKHXMPCwQ6AEwAXoECAAQAg#v=onepage&q&f=](https://books.google.com.gt/books?id=b050MFZQK3cC&pg=PA113&dq=1.+Birmingham,+F.+y+Jelinek,+J.+(2007).+QuickChangeover+simplified,+themanager%E2%80%99s+guide+to+improving+profits+with+SMED.&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwi238XkirrrAhUDyFkKHXMPCwQ6AEwAXoECAAQAg#v=onepage&q&f=)
2. Bohan, W. (2003). *El poder oculto de la productividad*. Bogotá, Colombia: Editorial Norma. Recuperado de https://books.google.com.gt/books/about/El_Poder_Oculto_De_LA_Productividad.html?hl=es&id=FLREExXrjvy4C&redir_esc=y
3. Chávez, J. (2003). *Cómo se elabora un proyecto de investigación*. Guatemala: Mundicolor. Recuperado de <https://glifos.umg.edu.gt/library/index.php?title=47127&lang=%20%20&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@autor=CHAVEZ%20ZEPEDA,%20JUAN%20JOSE%20@mode=&recnum=1&mode=>
4. Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management: la gestión competitiva por excelencia*. Barcelona. España: Editorial Profit.

5. Eckes, G. (2004). *El six sigma para todos*. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Norma.
6. Henry, J. (2011). *Achieving lean changeover putting SMED to work*. USA: Taylor & Francis Group.
7. Jones, D. y Womack, J. (2012). *Lean thinking*. Barcelona, España: Gestión 2000.
8. Martin, T. y Bell, J. (2011). *New horizons in standardized work, techniques for manufacturing and business process improvement*. New York, USA: Taylor and Francis Group, LLC.
9. Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México: Pearson Educación.
10. Milian, A. (2006). *Automatización de una línea de costura de pantalones de vestir, para incrementar su productividad*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
11. Morgan, J. y Brening-Jones, M. (2012). *Lean Six Sigma for Dummies*. England: John Wiley & Sons, Ltd.
12. Sarkar Prasanta. (2016). *Garment maker, KPI*. India: India Online Clothing study. Recuperado de <http://www.onlineclothingstudy.com/>
13. Sayer, N. y Williams, B. (2012). *Lean for dummies*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.

14. Sekine, K. y Arai, K. (1992). *Kaizen for quick changeover, going beyond SMED*. Trad. Bruce Talbot. Nueva York, Estados Unidos: Productivity Press.
15. Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED System*. Portland, USA: Productivity Press.
16. Shingo, S. (1996). *Quick changeover*. New York, Estados Unidos: Productivity Press.
17. Suárez, M. (2007). *El Kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total*. México: Panorama Editorial, S.A. de C.V
18. The Productivity Press Development Team (2002). *Pull production for the shop floor*. New York, USA: Productivity Press.

APÉNDICE

Apéndice 1. Máquina collarera de SC de *rib* con espiral y fólder



Fuente: elaboración propia.



Apéndice
e 2.

Máquina *overlock* para unir hombros

Fuente: elaboración propia

Apéndice 3. Máquina *overlock* para pegar cuello



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Máquina collaretera para pegar cinta de cuello con espiral y fólder



Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 5. Máquina collaretera para hacer S.C de cuello con espiral y
fólder**



Fuente: elaboración propia.



Apéndice 6. **Máquina *overlock* para pegar manga**

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 7. **Máquina *overlock* para cerrar costados**

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8 **Máquina collarera para hacer ruedo de fondo**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Línea de costura donde se aplicó SMED**



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

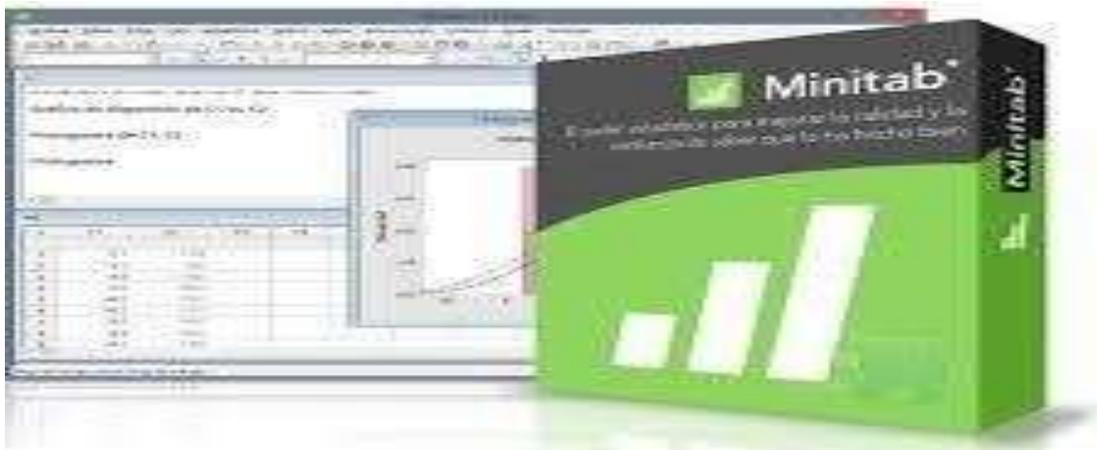
Shigeo Shingo nació en Saga, Japón, el 8 de enero de 1909. (q. e. p. d) Ingeniero Mecánico con Maestría en Ingeniería Industrial. Fue el pionero de la metodología SMED y los sistemas Poka Yoke.

Anexo 1. **Shigeo Shingo**



Fuente: Shigeo Shingo (2019). Recuperado de https://www.google.com/search?q=shigeo+shingo&sxsrf=ALeKk022w2tPcuxkqjEEVdpSyal0mqUvwQ:1593028331233&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiN97L-nJvqAhUEO60KHY6SCfQQ_AUoAXoECBoQAw&biw=1366&bih=657

Anexo 2. **Minitab 17**



Fuente: Minitab 17. (2019). Recuperado de

https://www.google.com/search?q=minitab+17&tbm=isch&ved=2ahUKEwjSx_L_nJvqAhUmazABHTzBm8Q2cCegQIABAA&oq=minitab+17&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQQzoCCAA6BAgAEB46BQgAELEDOgUIABCDAToGCAAQChAYUO72FFjJmhVgo6EVaANwAHgAgAH4AYgBkhGSAQUwLjguNjgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=7q7zXtKYFqbWwbkPv-aa-AY&bih=657&biw=1366