



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS
DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

Jenifer Andrea del Valle Veliz

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, septiembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS
DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JENIFER ANDREA DEL VALLE VELIZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 3 de junio de 2016.



Jenifer Andrea del Valle Veliz

Guatemala, 20 de abril de 2017

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Gómez:

Por este medio le informo que, como asesor de la estudiante universitaria de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Jenifer Andrea del Valle Veliz, con CUI 2498 85735 1301 y registro académico 201213297, he finalizado la revisión del trabajo de graduación con título **SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**, el cual apruebo por cumplir con los requerimientos solicitados durante el proceso.

Solicitándole darle el trámite respectivo y sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,


Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 3071



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**, presentado por la estudiante universitaria **Jenifer Andrea del Valle Veliz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Alberto E. Hernández García
Ingeniero Industrial
Colegiado 8658

Ing. Alberto Eulálio Hernández García
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2017.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.136.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**, presentado por la estudiante universitaria **Jenifer Andrea del Valle Veliz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.417-2017

El Decano 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 Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TOALLAS DE ALGODÓN BASADO EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**, presentado por la estudiante universitaria: **Jenifer Andrea del Valle Veliz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, septiembre de 2017

/c c

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía y fortaleza, y permitirme alcanzar una meta tan grande.
- Mis padres** Arinel del Valle y Gladis Veliz de del Valle por su amor incondicional y por ser mi fuente de inspiración.
- Mis hermanos** Abigail y Andrés del Valle por su cariño incondicional.
- Mis sobrinos** Elián Agustín y Nicolás Ernesto por ser dos ángeles en mi vida.
- Mis abuelos** Francisco Veliz, Olivia de Veliz, por compartir su sabiduría conmigo y brindarme su cariño; a Raúl del Valle (q. e. p. d) y Josefina de del Valle (q. e. p. d), quienes me dejaron un ejemplo de vida y desde el cielo comparten mi alegría.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudio, por la instrucción y formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme el conocimiento para ser una profesional de éxito.
Mis amigos	Isabel Sandoval, Sonia Alvarado, Xavier Orantes, Dayan Bonilla, Leslie García y Fernanda Cac, por brindarme su amistad y apoyo incondicional.
Padrinos de graduación	Por ser grandes profesionales y fuente de inspiración.
Ing. Carlos Humberto Pérez	Por su instrucción y apoyo en la realización del trabajo de graduación.
Ing. Erick Ruano	Quien me brindó su apoyo incondicional y es una persona íntegra y un profesional excepcional al que admiro y respeto.
Geovani Morán	Por ser un gran amigo y consejero.
Mis familiares	Quienes me brindaron su apoyo y cariño sincero.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. A qué se dedica la empresa	6
1.1.2. Visión.....	7
1.1.3. Misión	7
1.1.4. Valores	7
1.1.5. Toallas Klassik.....	8
1.1.6. Toallas natural	9
1.1.7. Toallas Dundee.....	10
1.1.8. Toallas Única	11
1.1.9. Toallas Tikal	12
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Historia de la industria textil.....	15
2.2. Fibras textiles	16
2.3. Acabados químicos.....	16
2.3.1. Influencia de los acabados químicos	19
2.4. Cambio dimensional de tejidos	20

2.4.1.	Actores que influyen en la estabilidad dimensional de los tejidos.....	21
2.4.2.	Consideraciones sobre el encogimiento.....	21
2.5.	Colorimetría para telas teñidas.....	24
2.6.	Definición del control de calidad	25
2.7.	Definición sistemas de control de procesos.....	26
2.8.	Definición del control estadístico de procesos.....	27
2.8.1.	Gráficas de control.....	27
2.8.1.1.	Tipos de gráficas de control	29
2.8.2.	Diagrama de Pareto.....	31
2.8.3.	Diagrama de causa y efecto	32
2.9.	Clasificación de los costos de calidad.....	33
3.	ANÁLISIS DEL PROCESO	35
3.1.	Recursos materiales.....	35
3.1.1.	Materia prima	35
3.2.	Maquinaria y equipo	37
3.3.	Descripción del proceso actual	37
3.4.	Diagrama de flujo de operaciones actual.....	38
3.5.	Diagrama de recorrido de proceso actual	44
3.6.	Criterios de aceptación y rechazo actuales	47
3.7.	Calidad correctiva actual.....	48
3.8.	Calidad preventiva actual.....	49
3.9.	Causas de los reprocesos	50
3.10.	Clasificación de calidad de toallas.....	51
3.10.1.	Toalla de primera calidad	51
3.10.2.	Toalla de segunda	51
3.10.3.	Toalla para retazo	52

4.	SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	55
4.1.	Pruebas de calidad en el producto.....	55
4.1.1.	Pruebas de peso.....	55
4.1.2.	Pruebas de ancho	56
4.1.3.	Prueba de encogimiento	56
4.1.4.	Control de tonos	57
4.1.5.	Inspección de tela.....	59
4.2.	Diagrama de flujo de operaciones mejorado.....	61
4.3.	Programa preventivo de calidad.....	67
4.3.1.	Evaluación de puntos críticos de control.....	67
4.3.1.1.	Elaboración de estándares de puntos críticos.....	71
4.3.1.2.	Estándares y parámetros para las estaciones de trabajo	74
4.4.	Proceso para el control estadístico	78
4.4.1.	Plan de muestreo.....	78
4.4.2.	Diseño de hoja de registro	80
4.4.3.	Gráficos de control	81
4.5.	Criterios de aceptación y rechazo del producto	81
4.6.	Diagrama de Pareto	82
4.7.	Diagrama de causa y efecto.....	84
5.	IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	87
5.1.	Manual de calidad	87
5.2.	Determinación de la muestra.....	89
5.3.	Implementación de gráficos de control	89
5.3.1.	Prueba de peso	90
5.3.2.	Pruebas de anchos.....	94

5.3.3.	Prueba de encogimiento.....	98
5.3.4.	Control de tonos.....	104
5.3.5.	Inspección de tela	107
5.4.	Análisis de resultados de la medición del control de calidad..	111
5.5.	Análisis de costos de calidad.....	114
5.6.	Realización de reportes de calidad	117
CONCLUSIONES		119
RECOMENDACIONES.....		121
BIBLIOGRAFÍA		123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Logotipo.....	2
2.	Macrolocalización	2
3.	Microlocalización	3
4.	Organigrama de Industria Textil, S.A.	4
5.	Logotipo de toallas Klassik.....	8
6.	Logotipo de toallas Natural	9
7.	Logotipo de toallas Dundee	10
8.	Logotipo de toallas Única.....	11
9.	Logotipo de toallas Tikal	12
10.	Espectro electromagnético.....	25
11.	Ejemplo de diagrama de Pareto	32
12.	Ejemplo de diagrama de causa-efecto.....	33
13.	Diagrama de flujo de operaciones área de teñido actual	39
14.	Diagrama de flujo de operaciones área de costura y empaque actual.....	42
15.	Diagrama de recorrido de proceso actual del área de tintorería	44
16.	Diagrama de recorrido de proceso actual del área de costura y empaque	46
17.	Toalla de segunda calidad	52
18.	Toalla para rechazo	53
19.	Fórmulas para cálculo de encogimientos.....	57
20.	Caja de luces	58

21.	Geometría de la visión.....	58
22.	Diagrama de flujo de operaciones área de teñido mejorado	62
23.	Diagrama de flujo de operaciones área de costura y empaque mejorado.....	65
24.	Inspección de rollos con luz ultravioleta	68
25.	Medición de la dureza del agua	73
26.	Diagrama de Pareto.....	83
27.	Diagrama de causa y efecto para lotes mal teñidos.....	85
28.	Encabezado de documentos.....	87
29.	Encabezado del manual de calidad.....	88
30.	Gráfico de control de peso \bar{x}	93
31.	Gráfico de control de peso R	93
32.	Hoja de control de anchos.....	95
33.	Gráfico de control de anchos \bar{x}	97
34.	Gráfico de control de anchos R	97
35.	Gráfico de control de encogimiento de ancho \bar{x}	100
36.	Gráfico de control de encogimiento de ancho R	100
37.	Gráfico de control de encogimiento de largo \bar{x}	103
38.	Gráfico de control de encogimiento de largo R.....	103
39.	Gráfico de control de tonos \bar{x}	106
40.	Gráfico de control de tonos R	106
41.	Gráfico de control para inspección de tela \bar{x}	110
42.	Gráfico de control para inspección de tela R	110

TABLAS

I.	Medidas de toalla Klassik.....	9
II.	Medidas de toalla Natural.....	10
III.	Medidas de toalla Dundee.....	11

IV.	Medidas de toallas Única	12
V.	Medidas de toallas Tikal.....	13
VI.	Método para la aceptación y rechazo de tonos	59
VII.	Método de 4 puntos	60
VIII.	Medición de pH.....	72
IX.	Temperatura	72
X.	Tiempos de centrifugado.....	76
XI.	Letra código para diferentes niveles de inspección.....	79
XII.	Tamaño de las muestras.....	80
XIII.	Parámetros de aceptación y rechazo	82
XIV.	Diagrama de Pareto	83
XV.	Hoja de control de peso	91
XVI.	Hoja de control de encogimiento para ancho	98
XVII.	Hoja de control de encogimiento para largo	101
XVIII.	Hoja de control de tonos	104
XIX.	Hoja de control para inspección de tela	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
c	Número de aceptación
g	Gramos
Lb	Libras
m	Metro
min	Minutos
n	Tamaño de muestra
N	Tamaño del lote
pulg	Pulgadas
r	Número de rechazo
R	Rango

GLOSARIO

CD	Cambio dimensional.
Cenefa	Banda tejida a lo ancho de los extremos de la toalla con un diseño particular para cada tipo de toalla.
LCL	Límite de control inferior (<i>lower control limit</i>).
Metamerismo	Discrepancia de dos muestras de color bajo diferentes condiciones.
NCA	Nivel de calidad aceptable.
Overlock	Máquina de coser de puntadas seguidas y unidas.
pH	Potencial de hidrógeno.
Rizo	Tejido con forma de anillos largos que sobresalen por ambas caras de la toalla, los cuales favorecen a la absorción.
SPC	Por sus siglas en inglés se refiere a control estadístico de procesos.
UCL	Límite de control superior (<i>upper control limit</i>).

RESUMEN

Para crear el sistema de control de calidad es primordial realizar un análisis de la situación actual de la empresa. De esta manera se determinan las deficiencias del proceso y se incorporan las mejoras correspondientes por medio de la determinación de puntos críticos y el establecimiento de criterios de aceptación y rechazo.

La falta de controles durante el proceso de fabricación de toallas de algodón aumenta la cantidad de productos de segunda y tercera calidad, genera pérdidas económicas por atrasos, reprogramaciones para completar pedidos, devoluciones y quejas de los clientes.

Se analizan los problemas de mayor incidencia y sus posibles causas, por medio de los diagramas de Pareto y de causa y efecto.

Después de analizar la situación actual se diseñan pruebas de calidad, propuesta de un nuevo diagrama de flujo de procesos, un programa preventivo de calidad para poder establecer estándares y parámetros.

Los gráficos de control ayudan a la toma de decisiones relacionadas con aceptar o rechazar un producto. Por medio de estadísticas se determina si el producto cumple con los criterios establecidos y se realizan las acciones para mejorarlo. Para obtener los gráficos de control se establece un plan de muestreo y la hoja de registro de datos. Luego, para cada una de las pruebas de calidad establecidas, se presentan los gráficos de control y se analizan los datos.

OBJETIVOS

General

Elaborar un sistema de control de calidad en las áreas de teñido, costura y empaque para la elaboración de toallas de algodón.

Específicos

1. Analizar las etapas de fabricación de toallas de algodón, tomando en cuenta todos los posibles factores que influyen en la calidad.
2. Identificar la situación actual de la empresa, mediante una evaluación diagnóstica que permita detectar las deficiencias del proceso de fabricación de toallas de algodón.
3. Determinar los puntos críticos del proceso de producción de toallas de algodón, por medio del análisis de las operaciones.
4. Establecer límites de aceptación y rechazo, con los cuales el producto será evaluado.
5. Determinar los métodos estadísticos adecuados para garantizar la calidad del producto.

INTRODUCCIÓN

El propósito de la ingeniería industrial es el trabajo con menor costo, mejor calidad y mayor producción. Paulatinamente, se han desarrollado diferentes técnicas y métodos para mejorar estos factores en un mercado altamente competitivo. La calidad es el factor más significativo para determinar el éxito o fracaso de una organización porque le confiere una ventaja competitiva. La calidad se puede definir de varias maneras, pero de forma general se puede decir que es el resultado deseable, el cumplimiento de características y especificaciones, basándose en los requisitos del cliente.

Los productos de exportación de la industria textil generan ganancias significativas al país, de ahí que la calidad debe ser una característica inherente del producto.

El presente trabajo de graduación propone el establecimiento de un sistema de control de calidad en la fabricación de toallas de algodón basado en el control estadístico de procesos en la empresa Industria Textil, S.A.

Industria Textil, S.A., se dedica a la fabricación de variedad productos de algodón para satisfacer las necesidades de sus clientes nacionales e internacionales. El producto principal de fabricación son las toallas de baño, las cuales se presentan bajo varias marcas, según el mercado al que se orientan. Por ello, es necesario establecer el control de calidad en los procesos de teñido, costura y empaque, para lograr el cumplimiento de las especificaciones y satisfacer al cliente.

La creación de un sistema de control de calidad parte del análisis de la situación actual de la empresa. Esto permite conocer los procesos, las acciones correctivas y preventivas, los criterios de aceptación y rechazo y todos aquellos aspectos que intervienen en la calidad del producto. También se analizan los costos de calidad para que la empresa conozca las operaciones y acciones que involucran una inversión más alta. De esta manera, se minimizan los reprocesos, desperdicios, devoluciones, entre otros.

El sistema de control de calidad se basa en la realización de pruebas de calidad en el producto, el establecimiento de procesos estandarizados para la medición de los parámetros y la utilización de los gráficos de control para el control de números de defectos. Estos datos determinan si cumple con los criterios de aceptación y rechazo.

Un sistema de control de calidad exige la verificación constante de su efectividad por medio de la recopilación de datos y el análisis de resultados. Con una base de datos históricos, la empresa puede comparar los resultados actuales y analizar el proceso y la calidad de los productos para verificar si se ha mejorado, sobre la base de los criterios establecidos y medidos con herramientas estadísticas. A partir de ello, se aplicará un criterio estandarizado, no arbitrario, para tomar las acciones pertinentes.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la empresa

Industria Textil, S.A., es una empresa guatemalteca fundada en 1976. Desde entonces la empresa ha crecido y ampliado su cartera de clientes y distribuidos en los mercados del territorio nacional e internacional, donde las exportaciones de sus productos de algodón se han incrementado.

Para la empresa es importante fabricar un producto de calidad que cumple con los estándares, es capaz de satisfacer a sus clientes y es capaz de competir con ventaja frente a los demás. Por esta razón, fabrican diferentes marcas de toallas, que varían en colores, dimensiones, peso y diseño. Además, esta amplia variedad de productos flexibiliza la oferta de esta industria textil.

La fabricación de una toalla de alta calidad incluye más de quince procesos diferentes. Para ello, Industria Textil, S.A., se vale de tecnología de punta en las máquinas teñidoras, sistemas de secado, procesos de corte, confección y empaque totalmente automatizados. Tiene una capacidad de producción de 200 000 libras al mes.

Es importante mencionar que el proceso de fabricación de toallas de algodón se realiza en dos plantas separadas. En la primera, ubicada en la avenida Petapa de la ciudad capital se llevan a cabo los procesos de hilatura y tejeduría. Abastece de tela cruda a Industria Textil, S.A., donde se realizan los procesos de teñido, costura y empaque.

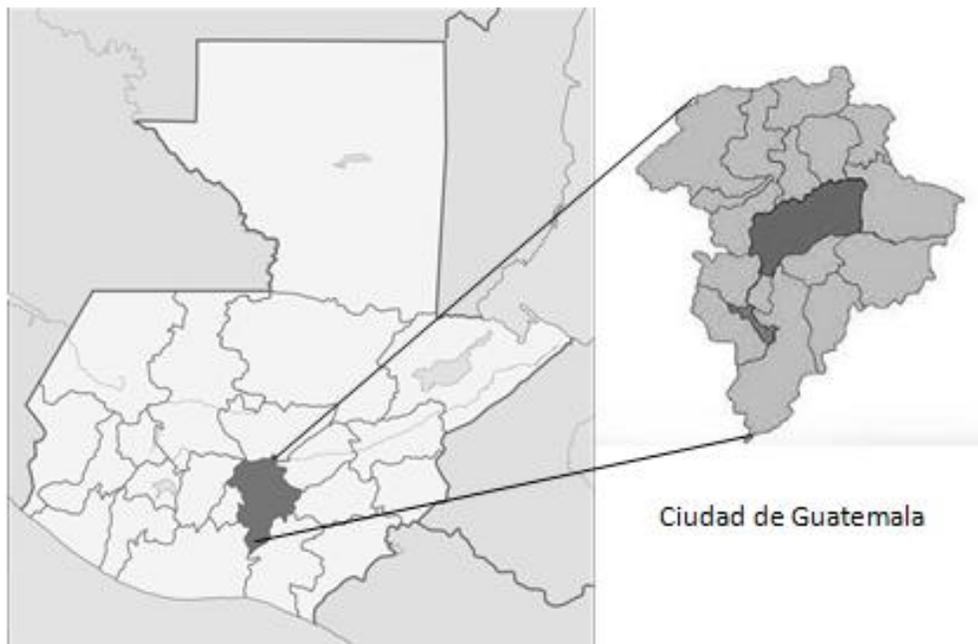
Figura 1. **Logotipo**



Fuente: <http://www.toallasfaxel.com>. Consulta: octubre de 2015.

Industria Textil, S.A., se encuentra ubicada en la 29 calle 3-03, zona 12 de la ciudad de Guatemala.

Figura 2. **Macrolocalización**



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Microlocalización**



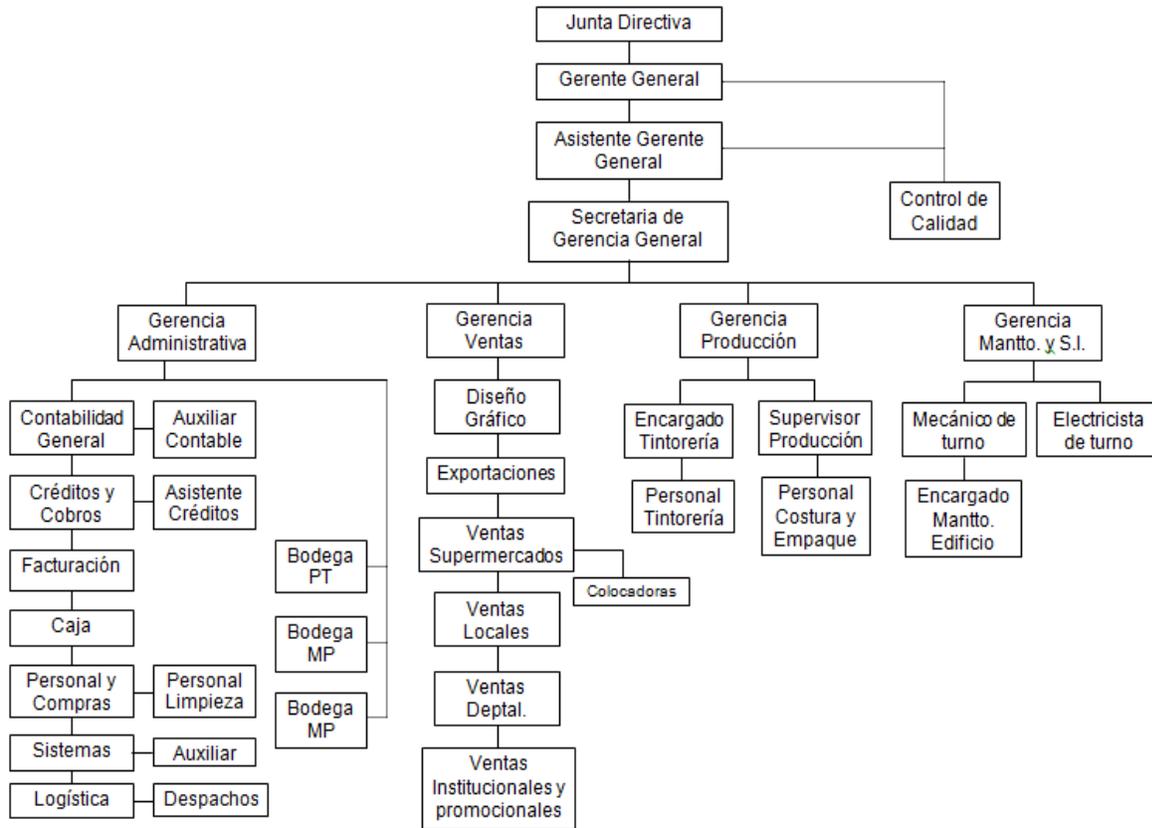
Fuente: www.google.com.gt/maps/place/INDUTEX,+S.A.,+Ciudad+de+Guatemala. Consulta: agosto de 2017.

La empresa labora las 24 horas del día. Los operarios trabajan en turnos de 7:00 a 18:00 correspondiente al turno diurno para el cual se trabajan 8 horas diarias y 2 horas extras al día. El turno nocturno es de 18:00 a 7:00 por lo que son 6 horas diarias 5 horas extras al día. Para ambos turnos se dispone de una hora diaria para el almuerzo y cena, respectivamente. Los turnos se rotan quincenalmente.

La empresa paga el salario mínimo a sus empleados y cuenta con todas las prestaciones laborales que estipula el Código de Trabajo. Cuenta con aproximadamente 125 trabajadores.

A continuación se ilustra la estructura organizacional de la empresa.

Figura 4. Organigrama de Industria Textil, S.A.



Fuente: Industria Textil, S.A.

Las funciones principales de los puestos de trabajo más importantes se describen a continuación.

- Gerente general: dirige y controla el desempeño de las diferentes áreas de la empresa, toma las decisiones más importantes para que la empresa cumpla con sus objetivos.
- Gerente administrativo: administra los recursos humanos y financieros para el cumplimiento de los objetivos de la empresa. Controla y coordina

las actividades administrativas para garantizar el adecuado desarrollo de los procedimientos. Elabora presupuestos de pagos y gastos de la empresa, cierres contables, elabora informes para presentar ante la gerencia general.

- Gerente de producción: controla la producción, optimiza y planifica los recursos, como funciones principales. Establece y busca constantemente estrategias para aumentar la eficiencia y eficacia de la producción. Supervisa los procesos de producción y al personal de producción
- Gerente ventas: establece metas y objetivos para aumentar la rentabilidad por medio del cálculo de la demanda y pronóstico de ventas. Es el responsable de mantener y aumentar las ventas por medio de la eficiente administración de los recursos humanos de ventas.
- Gerente de mantenimiento y seguridad industrial: planifica, coordina y controla los mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria y equipos en general. Elabora requisiciones de materiales y repuestos para mantenimiento y reparaciones, supervisa el mantenimiento de las instalaciones. Vela por el cumplimiento de normativos de seguridad industrial, supervisa que los operarios dispongan y utilicen el equipo de seguridad industrial.
- Encargado de tintorería: planifica la producción para que los inventarios de producto terminado se encuentren en el rango de máximos y mínimos especificados, vela porque se cumpla con los pedidos ingresados en el sistema para cumplir con las fechas de entrega a los clientes. Controla los *stocks* de materia prima y realiza reportes semanales para presentar al gerente de producción.

- Encargado de bodega de materia prima: controla las entradas y salidas de materias primas del almacén. Verifica las cantidades, unidades y quién las solicita. Controla los inventarios para realizar los pedidos en un tiempo pertinente. Es el encargado de recibir y verificar los productos que ingresan a la planta, vela por el buen almacenaje de la materia prima.
- Encargado de bodega de producto terminado: almacena y despachar los productos terminados garantizando la rotación adecuada. Controla los inventarios.

1.1.1. A qué se dedica la empresa

Industria Textil, S.A., se dedica a la fabricación productos de algodón. Su artículo principal son las toallas para baño en diferentes tamaños y colores. Además, fabrican tela de toalla, limpiones, franela, tela de colchón, trapeadores de toalla y de mecha e hilos *open end*.

Los productos se elaboran con materias primas nacionales e importadas de Europa y Norteamérica que cumplen con los controles de calidad. Antes de la compra de las materias primas se evalúan las fichas técnicas para verificar que cumplen con los requerimientos.

La empresa posee maquinarias para los acabados de franela, para los estampados y para el teñido de las telas. Para este último se utilizan máquinas automatizadas que aplican diferentes programas, según el requerimiento del color. Ambas máquinas realizarán los mismos pasos.

El producto se tiñe, exprime, seca y se lleva al área de costura y empaque para ser almacenado y vendido a clientes locales, departamentales, supermercados, o bien, se exportan.

1.1.2. Visión

“Ser una organización líder de clase nacional e internacional en la elaboración de toallas 100 % algodón enfocada al cumplimiento de normas de calidad para la satisfacción de nuestros clientes, ofreciendo productos innovadores de prestigio a precios competitivos.”

1.1.3. Misión

“Somos un equipo comprometido a alcanzar el mejor nivel de satisfacción de nuestros en el mercado de toallas, tanto nacional como internacional; a través de productos de alta calidad a buen precio y con una atención profesional; todo esto a través del desarrollo y mejoramiento continuo de nuestra empresa.”¹

1.1.4. Valores

- Honestidad e Integridad: realizando todas las operaciones con transparencia y equidad.
- Trabajo en equipo: cada persona brinda un aporte importante para llevar a cabo un proceso, para cumplir con los objetivos planteados.
- Compromiso: con los clientes y con los trabajadores, cumpliendo las responsabilidades asumidas y satisfaciendo sus necesidades.

¹Toallas Foxel. <http://www.toallasfoxel.com/home.htm>. Consulta: octubre de 2015.

- Mejora continua en los procesos de fabricación de toallas, para brindar productos de calidad.
- Relaciones personales basadas en el respeto y colaboración mutua.

1.1.5. Toallas Klassik

Es una toalla fina, elaborada con materia prima de calidad, presentado en variedades de colores sobrios y diferentes tamaños. La cenefa se distingue por su elegancia y diseño exclusivo. Es de las toallas de más alta calidad, muy absorbente por su grosor y rizo.

Entre los tamaños están: playa, semi playa, baño, facial y manos, es la única que cuenta con toalla de alfombra (utilizada en el piso la salida del baño). Se encuentra disponible en los colores *sage*, *brick*, *ivory*, *navy*, *bamboo* y *white*.

Figura 5. **Logotipo de toallas Klassik**



Fuente: <http://www.toallasfaxel.com>. Consulta: agosto de 2017.

Las medidas de los tamaños de toallas Klassik se presentan en la siguiente tabla.

Tabla I. **Medidas de toalla Klassik**

Tamaño	Dimensiones	Peso
Playa	30 x 60 pulg.	643 g.
Semi playa	25 x 50 pulg.	454 g.
Baño	21 x 42 pulg.	322 g.
Manos	15 x 28 pulg.	144 g.
Facial	13 x 13 pulg.	68 g.

Fuente: Industria Textil, S.A.

1.1.6. **Toallas natural**

Es una toalla de calidad, a un precio accesible en el mercado. Mantiene un diseño de cenefa elegante y se presenta en los cinco tamaños estándar de una toalla: playa, semi playa, baño, facial y manos. Está disponible en diez diferentes colores: celeste, cocoa, *navy*, rosado, *cabernet*, amarillo suave, *emerald*, blanco y *walnut*.

Figura 6. **Logotipo de toallas Natural**



Fuente: <http://www.toallasfaxel.com>. Consulta: agosto de 2017.

Las medidas de los diferentes tamaños de toallas Natural se presentan en la siguiente tabla.

Tabla II. **Medidas de toalla Natural**

Tamaño	Dimensiones	Peso
Playa	30 x 60 pulg.	492 g.
Semi playa	25 x 50 pulg.	378 g.
Baño	21 x 42 pulg.	265 g.
Manos	15 x 28 pulg.	125 g.
Facial	13 x 13 pulg.	49 g.

Fuente: Industria Textil, S.A.

1.1.7. **Toallas Dundee**

Toalla con un precio accesible en el mercado; es de buena calidad, elaborada en los tamaños: extra playa, playa, semi playa, baño y manos. Disponible en veinte diferentes colores fucsia, verde, amarillo fuerte, rosado, rojo, azul marino, verde menta, lima, blanco, aqua, corinto, celeste, naranja fuerte y café.

Figura 7. **Logotipo de toallas Dundee**



Fuente: <http://www.toallasfaxel.com>. Consulta: agosto de 2017.

Las medidas de los diferentes tamaños de toallas Dundee se presentan en la siguiente tabla.

Tabla III. **Medidas de toalla Dundee**

Tamaño	Dimensiones	Peso
Playa	30 x 55 pulg.	445 g.
Semi playa	25 x 50 pulg.	378 g.
Baño	21 x 42 pulg.	265 g.
Manos	15 x 25 pulg.	95 g.
Facial	13 x 13 pulg.	38 g.

Fuente: Industria Textil, S.A.

1.1.8. **Toallas Única**

Es una toalla útil, elaborada especialmente para un segmento de mercado popular, con un precio menor, con diseños lisos y estampados en los tamaños: playa, semi playa, baño y facial. Disponible en veinte diferentes colores: amarillo suave, amarillo fuerte, celeste, aqua, rosado, fucsia, verde menta, verde olivo, verde musgo, verde limón, verde lima, azul marino, azul nacional, naranja suave, naranja fuerte, crema, blanco, bambú, corinto, rojo.

Figura 8. **Logotipo de toallas Única**



Fuente: <http://www.toallasfaxel.com>. Consulta: agosto de 2017.

Las medidas de los tamaños de toallas Única se presentan en la siguiente tabla.

Tabla IV. **Medidas de toallas Única**

Tamaño	Dimensiones	Peso
Playa	30 x 56 pulg.	314 g.
Semi playa	25 x 50 pulg.	265 g.
Baño	20 x 40 pulg.	189 g.

Fuente: Industria Textil, S.A.

1.1.9. Toallas Tikal

Esta toalla está elaborada con materiales livianos, especialmente para un segmento de mercado popular, con un precio menor. Presenta diseños lisos y estampados que representan tradiciones guatemaltecas, en los tamaños: baño y facial. Disponible en veinte diferentes colores: amarillo suave, amarillo fuerte, celeste, aqua, rosado, fucsia, verde menta, verde olivo, verde musgo, verde limón, verde lima, azul marino, azul nacional, naranja suave, naranja fuerte, crema, blanco, bambú, corinto, rojo.

Figura 9. **Logotipo de toallas Tikal**



Fuente: <http://www.toallasfaxel.com>. Consulta: agosto de 2017.

Las medidas de los tamaños de toallas Tikal se presentan en la siguiente tabla.

Tabla V. **Medidas de toallas Tikal**

Tamaño	Dimensiones	Peso
Baño	20 x 38 pulg.	129 g.
Facial	13 x 13 pulg.	34 g.

Fuente: Industria Textil, S.A.

La empresa, además de toallas de algodón, ofrece otros productos entre los cuales están:

- Tela de colchón: se utiliza para hacer las cubiertas de colchones, los diseños son con rayas.
- Manta cruda: es tela tejida con hilos de algodón que aún conservan ceras, aceites y otras impurezas que impiden una buena hidrofiliadad. Es tela áspera y un poco dura de color amarillento. Es vendida por rollos.
- Manta de colores o normal: es la tela que ha sido tratada en el área de tintorería para eliminar las ceras y aceites naturales y demás impurezas por lo que es sometida a teñido o blanqueo óptimo siendo así una tela con buena absorción.
- Franela: es tela de un tejido suave que pasa por un proceso de cepillado para crear las fibras finas. La franela puede ser estampada o lisa. Para su venta está disponible en los colores: rosado, amarillo suave, verde menta, celeste y rojo, en ocasiones se trabajan otros colores para pedidos especiales que sean como mínimo 1 000 libras y es vendida por rollos.

- Trapeadores: entre los más pedidos se encuentra el trapeador Klintex ya que es uno de los de mejor calidad. También se encuentra el trapeador crudo y trapeador de mecha.
- Hilos (*open end*): disponibles en crudo, blanco y de colores y en diferentes números de título. Estos hilos se pueden utilizar para fabricar calcetines, hamacas, cintas de zapatos, colchas industriales entre otros.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de la industria textil

Industria textil es un término que en la actualidad abarca una diversidad de procesos para el tejido de telas de fibras naturales y sintéticas. En la antigüedad, se utilizaron plantas, semillas y pelo de animal para la obtención de fibras.

La seda es un ejemplo claro de las fibras naturales que empezaron a utilizarse alrededor del año 2 600 a.C. Las fibras sintéticas, en cambio, se crearon a mediados del siglo XVII.

Las fibras sintéticas son elaboradas a partir de productos químicos derivados del petróleo y celulosa. Los tejidos de fibras naturales, como la lana, algodón y lino se deben estirar, disponerlas en paralelo para peinarlas y tensionarlas en una máquina de hilar. La seda es una fibra natural formada por filamentos que se retuercen para obtener un hilo.

El huso fue la primera herramienta para hilar, luego, llegó la rueda de hilar. Con el paso del tiempo se perfeccionaron las técnicas de hilado y se inventaron nuevas máquinas que facilitarían su elaboración, transformando lo artesanal en un proceso industrial

Los cambios tecnológicos permitieron que los telares que al principio eran de madera, se sustituyeran por modelos de acero y otros metales, haciendo máquinas más grandes, rápidas y automatizadas.

2.2. Fibras textiles

Las fibras textiles son materiales compuestos por filamentos que según sea el proceso físico o químico que se les realice forman hilos o telas. Las fibras textiles pueden clasificarse según su origen:

- Fibras naturales:
Animal: lana, pelos, seda.
 - Vegetal: algodón, lino, cáñamo, yute.
 - Minerales: fibra de vidrio, asbesto, fibra cerámica.
- Fibras artificiales: se fabrican a partir de fibras naturales que son transformadas por medios químicos, como el rayón y la fibrolana.
- Fibras sintéticas: se elaboran mediante químicos, son muy resistentes, pero no absorben el sudor, y no son buenos conductores del calor, entre ellas se encuentran el nailon y la licra.

2.3. Acabados químicos

Los acabados químicos dan al tejido propiedades que no podrían obtener de los medios mecánicos. Los tejidos sometidos a tratamientos mecánicos de acabado, se estabilizan con la ayuda de los acabados químicos y dan propiedades a los tejidos, como la retardación al fuego, repelencia al agua, entre otras.

Los acabados químicos se clasifican según los productos empleados:

- Naturales: adhesivos, grasas, aceites, almidones.
- Artificiales: almidones o féculas modificados, celulosa modificada.

- Sintéticos: derivados del n-metilol (resinas del tipo urea-formaldehído, melaminaformaldehído y glioxal-formaldehído), reactivos lineales (carbamatos, resinas epóxicas), polímeros termoplásticos (vinil, acrílicos, polietileno), poliuretano y siliconas.

“Las operaciones para acabados químicos se encuentran condicionadas por diferentes factores tales como, las propiedades estructurales e higroscópicas del material a procesar, por la naturaleza de la sustancia a utilizar para el acabado y por la velocidad de la máquina, los acabados químicos pueden alterar algunas propiedades mecánicas del tejido, afectando la tonalidad del color o la solidez del mismo”².

El suavizado se utiliza cuando se quieren mejorar las características de suavidad de un tejido. Cada fibra tiene una suavidad específica que depende de su estructura química y física (menor cristalinidad = mayor suavidad). Ningún método estándar existe para determinar la suavidad de un tejido. Por ello, se mide subjetivamente, sin embargo se puede dividir por su blandura superficial, lisura superficial y elasticidad.

La duración del efecto del suavizante es limitada, ya que los productos son eliminados por un lavado posterior. Por este motivo se debe aplicar en la etapa final del proceso. Entre los suavizantes más comunes se encuentran:

- No iónicos: son capaces de soportar la acción de aguas duras, medios ácidos o básicos y en presencia de cationes aniones. Son menos eficientes en comparación con los aniónicos y catiónicos.

² LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo. *La Industria textil y su control de calidad*. p. 30.

- Aniónicos: son inestables en agua dura y en medios ácidos. Poseen características de agentes de suavizado y lubricación. Son producidos por condensación de ácidos grasos.
- Catiónicos: son los mejores agentes suavizantes, pueden ser utilizados para todos los tipos de fibra, pueden aplicarse por agotamiento en medio ácido (pH 4-5). Sin embargo, pueden causar variaciones de tonalidad, reducción de la solidez a la luz en presencia de colorantes directos y reactivos, y son una alta carga contaminante en las aguas residuales.
- Siliconas: crean una capa aterciopelada y sedosa sobre la superficie del tejido moderadamente resistente al agua. Se aplican sobre los tejidos después de una disolución en solventes orgánicos, ya que son insolubles en agua. Poseen una alta solidez al lavado.
- Reactantes: proporcionan al tejido suavidad permanente y repelencia al agua.

“Los tratamientos enzimáticos, consisten como bien dice su nombre en la utilización de enzimas. Las enzimas son proteínas formadas por largas cadenas lineales de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, son vivas aunque en determinadas condiciones de pH y temperatura no son biológicamente activas. Están presentes en todas las células vivas que llevan a cabo funciones vitales en el proceso metabólico del crecimiento, reproducción, transformación y conservación de energía. Son catalizadores biológicos capaces de acelerar notablemente las reacciones químicas que se producen en los organismos vivos”³.

Transporte de la humedad (*wicking*). Se utiliza en tejidos donde se desea que haya transmisión de humedad, es decir que permita que la humedad y el calor del cuerpo escapen fácilmente.

³ LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo. *La Industria textil y su control de calidad*. p. 37.

2.3.1. Influencia de los acabados químicos

El propósito del ennoblecimiento textil es brindar, a los tejidos, determinadas propiedades ventajosas para su uso final. Sin embargo, estos tratamientos pueden causar efectos de dos tipos: mecánico-tecnológico o de apariencia.

Los tratamientos químicos varían el tono del color y su intensidad en los tejidos teñidos y estampados.

La influencia de los catalizadores varía según los químicos utilizados. Los resultados más favorables se obtienen usando cloruro de cinc o cloruro de magnesio. El nitrato de zinc influye en el tono solo en algunos casos, mientras que el cloruro de amonio, así como hidroclouros orgánicos puede causar un cambio de color apreciable.

Los aditivos y las condiciones de condensación tienen menor influencia, pero es necesario realizar ensayos en los laboratorios para verificar que los colorantes y productos son adecuados para las condiciones de cada caso.

La solidez a la luz, en colorantes reactivos y directos, puede reducirse de manera más o menos importante en el acabado. La determinación de la solidez a la luz implica la disposición de tiempo, por lo que es recomendable el uso de colorantes con un alto nivel de solidez, así como de productos de acabado que podrían afectar sólo de forma muy leve. Los agentes catalizadores no influyen en la solidez.

Los colorantes dispersos (poliéster, acetato), aceites para el bobinado, suavizantes y repelentes de agua, entre otros afectan la solidez al frote.

La reacción resulta evidente después de un almacenamiento prologado del producto. Los agentes de reticulación y catalizadores no afectan la solidez al frotamiento. En algunos casos, una abrasión de la fibra es confundida con una mala solidez al frote, dicha condición se debe a una acumulación del producto de acabado, que puede provocar cierta fragilidad de las fibras de celulosa en la superficie del tejido.

2.4. Cambio dimensional de tejidos

“El cambio dimensional (CD) es la variación que sufre el tejido en sus dimensiones (ancho y largo) luego de un proceso de tensión o relajación, como resultado de las fuerzas adicionales durante la secuencia total del proceso de producción”.⁴

Si el valor del CD es negativo, significa que el tejido ha sufrido encogimiento; si el valor es positivo, ha ocurrido un alargamiento.

El CD depende de las fuerzas aplicadas previo al tratamiento de relajación y de la eficiencia del proceso de relajación.

Los porcentajes de encogimiento en telas de algodón no procesadas, por naturaleza se encogen mínimamente. Las elongaciones en las telas de punto, se sabe que tienen estiramiento; por ello, es necesario cuidar tanto el largo como el ancho, respetando las especificaciones en cuanto a las dimensiones adecuadas y aceptadas por el cliente.

⁴ LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo. *La Industria textil y su control de calidad*. p. 68.

2.4.1. Actores que influyen en la estabilidad dimensional de los tejidos

- El coeficiente de rozamiento de la fibra, en cuanto más áspera o rugosa sea la tela será más difícil volver a su posición inicial. Después que un tejido sufre una deformación, la resistencia al deslizamiento mantendrá la fibra en la posición alcanzada y su recuperación será más dificultosa.
- La finura de la fibra influye en la torsión y tensión a la que se someterán los tejidos. Si las fibras son gruesas, estarán sometidas a fuertes tensiones (por su grosor ya se opone a los esfuerzos que sufre el tejido) que se añaden con las aplicadas al tejido durante un proceso. Cuando el tejido queda libre de tensiones este vence las resistencias de frotamiento y así recupera su forma original. Si las fibras son finas, no poseen tensiones capaces de soportar el frotamiento entre fibras favoreciendo la deformidad permanente del tejido.
- La elasticidad de las fibras favorece la estabilidad dimensional del tejido, puesto que facilita el retorno a su estado original cuando el tejido deformado, queda libre de fuerzas que impiden que dicha elasticidad de las fibras se manifieste, actuando en el sentido de retornar el género a sus dimensiones primitivas.

2.4.2. Consideraciones sobre el encogimiento

El algodón es una fibra con estructura celulósica y comportamiento complejo e interesante. Esta fibra está compuesta por largas cadenas de celulosa unidas por enlaces de hidrógeno. El aspecto de la fibra de algodón no es perfectamente recto y cilíndrico, más bien es retorcido según sea la espiralidad o entorchamiento que presentan las cadenas estructurales.

Si la fibra está húmeda cuando está deformándose, entonces la deformación será mayor. La reducción de la tensión interna será más rápida, y la nueva forma se mantendrá con mayor permanencia, sobre todo si la fibra se seca manteniéndola en el estado deformado.

Cuando se moja y seca las fibras mientras se las mantiene deformadas, sucede que gradualmente se relajan las tensiones internas residuales permitiendo que la nueva forma quede permanente. Estos tratamientos secuenciales de hinchamiento por humectación y secado del algodón buscan efectos de estabilización análogos a los tratamientos a temperatura a que se someten las fibras sintéticas, aunque son menos eficaces en estabilizar una estructura deformada.

Algunos tratamientos de hinchamiento son más eficaces que otros. El agua caliente es más eficaz para los tratamientos de hinchamiento haciendo que las tensiones internas decaigan más que con el agua fría, las soluciones de soda cáustica (mercerizado) son las más poderosas de todas. Cuando el algodón está hinchado, su sección aumenta en 20 a 40 %, en cambio su longitud no presenta gran variación.

Los tejidos son muy susceptibles a las deformaciones prolongadas, estas provocan grandes cambios en la forma de las mallas. La humectación de un tejido provoca hinchamiento de las fibras e hilos; el hilo intenta destorcerse y a su vez encogerse; el hilo crece en diámetro, haciendo que se aprieten entre ellos y provocando que el tejido se vuelva más grueso, por lo tanto se encogen en una menor proporción que las estructuras de tejido más sueltas, esto se debe a que mientras más suelta sea la estructura más espacio tienen los hilos para hincharse y doblarse.

Si el tejido es puesto sobre una superficie plana para secarse, sin que exista alguna fuerza externa, entonces se fomentará un balance entre las fuerzas interiores que buscan restaurar las formas iniciales. Caso contrario, si el secado es acompañado por la agitación sin aplicación de tensión, entonces existirá energía adicional para superar a las fuerzas de fricción entre las fibras y se obtendrán mayores cambios dimensionales.

Si el secado es llevado a cabo con fuerzas tensoras, entonces las fuerzas interiores restauradoras serán superadas y la forma de la malla se extenderá según la fuerza aplicada. Sin embargo, el efecto de una tensión será mayor con un tejido suelto que se extenderá considerablemente que en un tejido apretado que se opondrá a la extensión.

Existen diferentes maneras para reducir el encogimiento potencial de un tejido, entre ellas se pueden mencionar:

- Relajación, esta ocurre cuando mediante el empleo de humedad, calor y movimiento se eliminan las fuerzas de tensión que actúan sobre la tela.
- Fijación térmica, es un tratamiento a alta temperatura que proporciona estabilidad dimensional en termoplásticas. Esto se debe a que los efectos obtenidos por un proceso fuerte (temperatura alta) no puede revertirse con un proceso más débil (lavado y secado doméstico).
- Encogimiento compresivo, se realiza mediante tratamientos de acabado mecánicos en húmedo haciendo que el tejido gane resistencia mientras pierde dimensiones.
- Aplicación de resinas reticulantes, las resinas forman redes rígidas dentro de la fibra, fijando la forma y dimensiones de la misma.

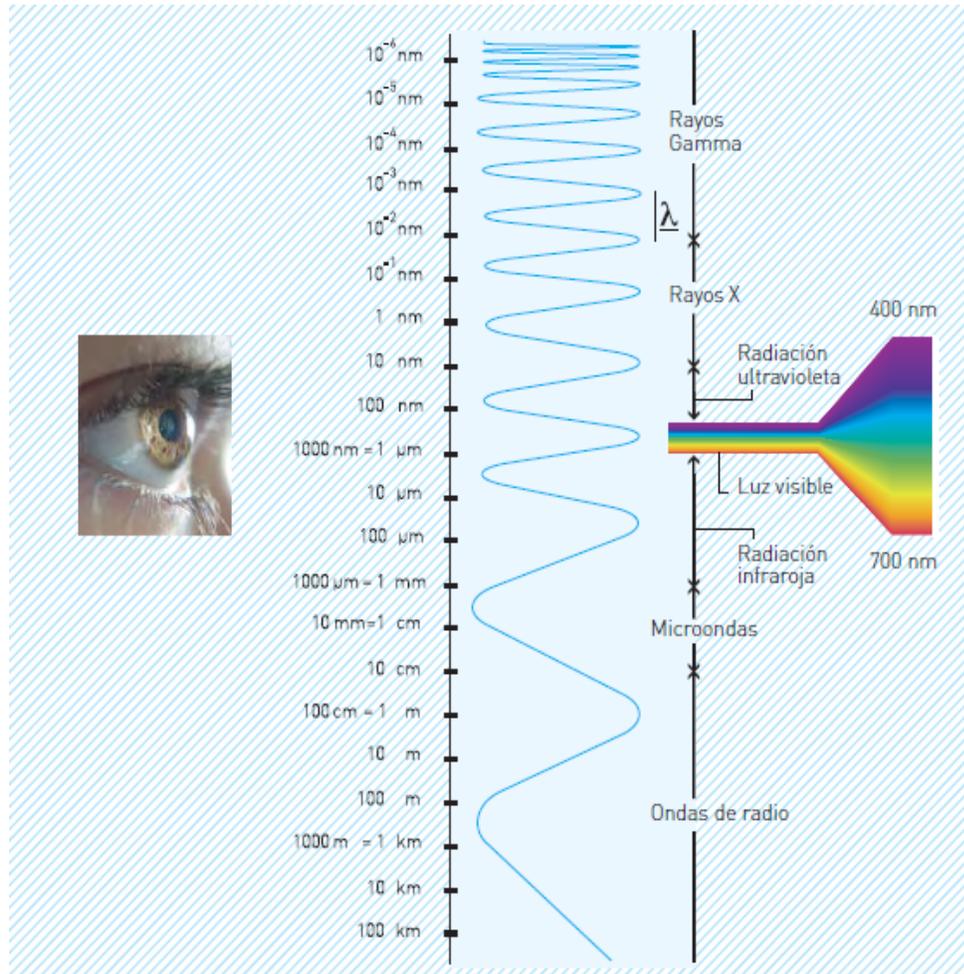
2.5. Colorimetría para telas teñidas

El color es una percepción del sentido de la vista, es una sensación producida en respuesta a la estimulación de la retina. Entre los procesos de la industria textil el más importante es el de tintorería.

La tintorería es el proceso donde el sustrato (tejido) adquiere color por medio de procesos químicos; Sin embargo, el color obtenido por el tejido depende de diferentes factores, como la fibra (estructura química, grado de blancura), el hilo (presencia de impurezas, pilosidad), y el tejido (densidad de hilos o mallas).

Otra de las variables que inciden en el tono del producto son los insumos. Se entiende como insumos a los colorantes, blanqueadores, químicos auxiliares, enzimas, entre muchos otros. Estos efectúan el cambio de color en los tejidos o brindan otras propiedades al mismo, bajo condiciones de pH y temperatura. La colorimetría permite establecer límites a la percepción visual por medio de un sistema numérico. En el control de calidad de tonos en la industria textil, se hace uso de la espectrofotometría. Este método mide la cantidad de luz reflejada por una superficie utilizando longitudes de onda que se traducen en el espectro electromagnético detectando aquellas que no fueron absorbidas. En la figura 2. Se observa el espectro electromagnético. La retina humana no puede percibir todas las ondas electromagnéticas, únicamente percibe las que poseen longitudes de onda entre 400 y 700 nm. Este rango es el de la luz visible y se detectan los colores.

Figura 10. Espectro electromagnético



Fuente: DOS SANTOS AFONSO, María. *Química y Color en los Textiles*. p. 12.

2.6. Definición del control de calidad

“Control de calidad es el proceso de regulación a través del cual podemos medir la calidad real, compararla con las normas y actuar sobre la diferencia”.⁵

⁵JURAN, Joseph Moses. *Manual de Control de Calidad*. p. 6.

Otra definición es: “Se entiende por gestión de la calidad el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad. Generalmente incluye el establecimiento de la política de la calidad y los objetivos de la calidad, así como la planificación, el control, el aseguramiento y la mejora de la calidad”.⁶

Con el control de calidad no se obtiene ni se agrega calidad a los productos. Sin embargo, debe prevenir la ocurrencia de errores o defectos y mantener los procesos bajo control para evitar desperdicios y reprocesos.

2.7. Definición sistemas de control de procesos

Los sistemas de control de procesos se enfocan específicamente en el conocimiento, seguimiento y control de los subsistemas y procesos relacionados.

El primer enfoque se basa en no ver los procesos como cajas negras sino conocerlos y entenderlos, porque el seguimiento y control se va a realizar dentro de los propios subsistemas.

Cuando se pone en práctica este método, los problemas de calidad son identificados y corregidos conforme aparecen, sin esperar a la inspección del producto final. El objetivo es prevenir la producción de productos de inferior calidad.

“El programa de control y mejora de procesos consiste en el seguimiento, control y mejora de los elementos y/o subsistemas de los procesos de

⁶ 9001, ISO. *Sistemas de Gestión de Calidad*.

transformación, con el propósito de mejorar la calidad de la respuesta de los procesos”.⁷

2.8. Definición del control estadístico de procesos

El control estadístico de procesos, SPC, es una aplicación de técnicas estadísticas que permiten determinar si el resultado de un proceso coincide con el diseño del producto o servicio correspondiente.

El control estadístico tiene como propósito detectar defectos en los productos, advertir sobre variaciones en los procesos y en las especificaciones del producto. Las técnicas estadísticas permiten establecer límites de aceptación y rechazo para determinado producto a través de inspecciones y muestreo.

2.8.1. Gráficas de control

Las gráficas de control son un registro gráfico de las características de calidad de un producto. Son elaboradas con la finalidad de identificar la estabilidad de un proceso y productos defectuosos, indicando dónde se produjo el problema y cuando se produjo. La gráfica de control cuenta con un valor nominal o línea central, que y dos límites o acotamientos de control basados en la distribución de muestro de la medida de la calidad.

Los límites de control se utilizan para estimar si es necesario abordar alguna acción. El valor mayor representa el acotamiento de control superior, UCL, el valor menor representa el acotamiento de control inferior, LCL.

⁷ BARRIO, José Francisco. *Control Estadístico de los procesos*. p. 36.

Los pasos generales para la realización de gráficos de control son:

- Se debe definir cuál es la característica de calidad, y tomar muestras aleatorias según el número necesario de subgrupos.
- Se calcula el límite central y los acotamientos de control, UCL y LCL.
- Analizar la gráfica, detectando las variaciones naturales o no naturales.
- Se elimina la causa si se identifica que ésta degrada la calidad, o incorporar la causa si con ella mejora la calidad. Reconstruir la gráfica de control con nuevos datos. Este procedimiento se debe repetir periódicamente.

Las gráficas de control no son herramientas que suelen ser perfectas para identificar los cambios en la distribución de procesos, por el hecho de que están basadas en distribuciones de muestreo. Se presentan dos tipos de errores cuando se utiliza este tipo de gráficas.

- El error “tipo I” (rechazar un lote de buena calidad) este error se presenta cuando el empleado o analista llega a la conclusión de que el proceso está fuera de control, para ello se basa en un resultado de muestra ubicado fuera de los acotamientos de control, cuando en realidad se trataba de un efecto puramente aleatorio.
- Un error “tipo II” (aceptar un lote de mala calidad) este error se presenta cuando el empleado en cuestión concluye que el proceso está bajo control y que sólo se presentan discrepancias aleatorias, cuando en realidad dicho proceso está fuera de control estadístico.

2.8.1.1. Tipos de gráficas de control

Existen diferentes tipos de gráficos de control:

- Gráficas de control de variables: estas gráficas se utilizan para vigilar la media y la variabilidad de la distribución de un proceso.
 - Gráficas R: “Este tipo de graficas se usa para vigilar la variabilidad de los procesos. Si se desea calcular el rango de un conjunto de datos de muestra, se resta la medición más pequeña de la medición más grande obtenida en cada muestra.

Los acotamientos de control para la gráfica R son:

$$UCLC_R = D_4\bar{R} \quad y \quad LCL_R = D_3\bar{R}$$

:

\bar{R} = promedio de varios valores R pasados y la línea central de la gráfica de control.

D_4 y D_3 = constantes que proporcionan tres acotamientos de desviación estándar (tres sigma) para un tamaño de muestra dado”⁸.

- Gráficas \bar{x} : Este tipo de graficas se utilizan para medir la media. Cuando las causas asignables a la variabilidad del proceso han sido identificadas y la variabilidad de dicho proceso se encuentra dentro del control estadístico, se puede construir una gráfica \bar{x} .

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \quad y \quad LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

⁸ CARRO, Roberto y GONZÁLEZ, Daniel. *Administración de las Operaciones*. p. 12.

\bar{x} = línea de la gráfica y el promedio de las medias de una muestra pretérita o un valor establecido como objetivo para el proceso.

A_2 = constante para proporcionar acotamientos tres sigma para una media de muestra.

- Gráficas de control para atributos: principalmente se utilizan dos gráficas para realizar mediciones de calidad basadas en atributos del producto o servicio son la gráfica p y la gráfica c. La gráfica p se emplea para controlar la proporción de productos o servicios defectuosos generados por un proceso. La gráfica c se utiliza para controlar el número de defectos cuando en un producto o servicio puede haber más de un defecto.
 - Gráficas p: es una gráfica de control que se usa preferiblemente para representar atributos. En este caso, la característica de calidad no se mide sino que se cuenta, y el elemento o servicio se declara satisfactorio o deficiente en su totalidad. La desviación estándar de la distribución de la proporción defectuosa $\hat{\sigma}_p$ es entonces:

$$\hat{\sigma}_p = \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n}$$

n = tamaño de la muestra

\bar{p} = proporción defectuosa de la proporción histórica promedio o valor objetivo y línea central de la gráfica.

Línea central de la gráfica p puede ser el promedio de la proporción defectuosa de la muestra pasada o un objetivo que la gerencia haya establecido para el proceso.

$$UCL_p = \bar{p} + z\hat{\sigma}_p \quad y \quad LCL_p = \bar{p} - z\hat{\sigma}_p$$

z = proporción defectuosa de la proporción histórica promedio o valor objetivo y línea central de la gráfica.

- Gráficas c: se utiliza cuando los productos tienen más de un defecto por unidad. Por ejemplo, un rollo de alfombra puede tener varios defectos, como fibras apelotonadas, descoloridas o manchas originadas en el proceso de producción. La línea central de la gráfica es:

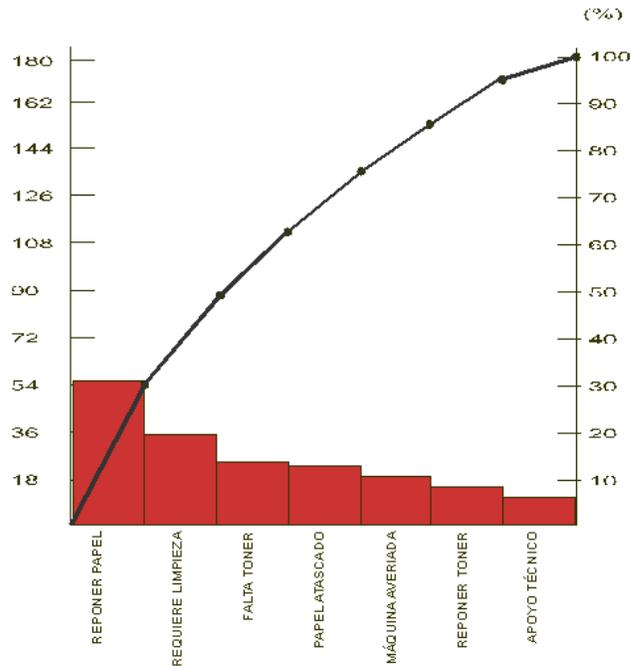
$$UCL_c = \bar{c} + z\sqrt{\bar{c}} \quad y \quad LCL_c = \bar{c} - z\sqrt{\bar{c}}$$

2.8.2. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto permite establecer un orden y establecer un análisis jerárquico de importancia relativa de las distintas características, considerándose características de control aquellas que produzcan un mayor impacto (económico, de porcentaje de producto defectuoso, de reclamaciones, de NPR, entre otros.). La determinación de características de control debe ser llevada a cabo por un equipo multifuncional de las siguientes áreas:

- Ingeniería de diseño
- Ingeniería de fabricación
- Producción
- Calidad

Figura 11. Ejemplo de diagrama de Pareto



Fuente: <http://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>. Consulta: noviembre de 2015.

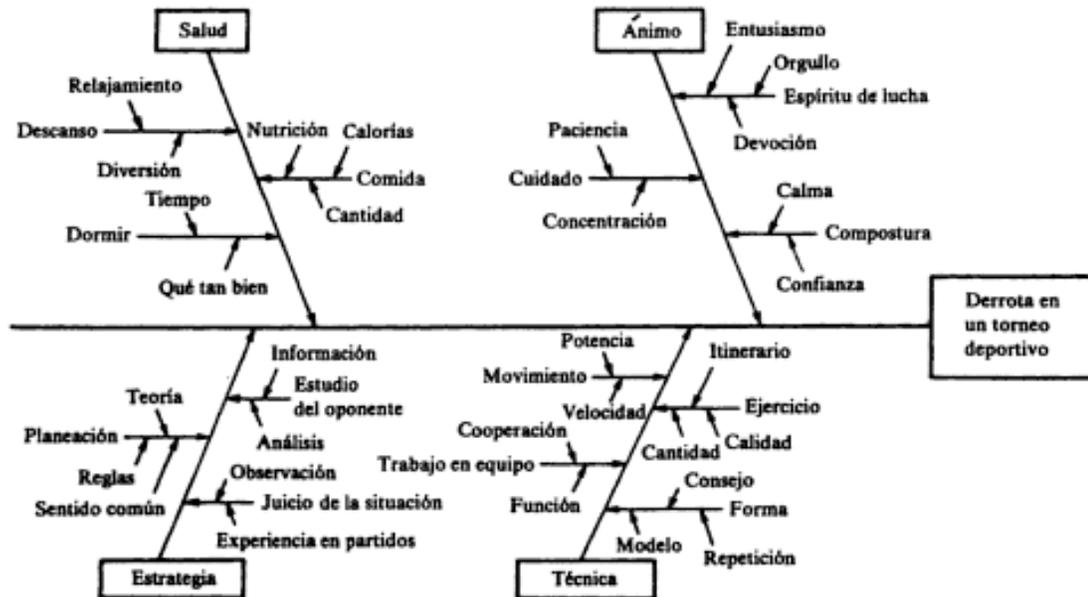
2.8.3. Diagrama de causa y efecto

También se conoce como cadena de causas-consecuencias, diagrama de espina de pescado o *fish-bone*. Es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables.

Se usa el diagrama de causas-efecto para:

- Analizar las relaciones causas-efecto.
- Comunicar las relaciones causas-efecto.
- Facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.

Figura 12. Ejemplo de diagrama de causa-efecto



Fuente: KUME, Hitoshi. *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*.

p. 29.

Este diagrama hace referencia de los principales factores (causas) que afectan la característica de calidad en estudio como líneas principales y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta que están representados todos los factores factibles de ser identificados.

2.9. Clasificación de los costos de calidad

Permite analizar la manera cómo se llevan a cabo las actividades, planificar las actividades relacionadas con la calidad y los recursos disponibles, controlar las actividades desarrolladas y realiza una comparación con aquellas planificadas y detectar y eliminar aquellas condiciones poco favorables. Se

considera la siguiente clasificación de los costos de la calidad en 4 dimensiones:

- Costos de prevención: su prioridad es mantener los costos de fallas (internas y externas) y evaluación al mínimo. Por ejemplo, la revisión de nuevos productos y procesos, control de procesos, auditorías de calidad, entre otros.
- Costos de evaluación: se aplica a la inspección y comprobación de las especificaciones de calidad. Entre estos, se encuentran los costos de inspección, pruebas especiales y mantenimiento del equipo.
- Costos de fallas internas: se detectan antes de que el producto llegue a manos del cliente externo. Las fallas internas provocan cargas económicas a la empresa a causa de errores producidos al satisfacer los parámetros de calidad. Entre ellos se pueden mencionar los desechos, reelaboración, reinspección y análisis de defectos.
- Costos de fallas externas: son aquellos costos provocados por fallas del producto cuando este se encuentra en poder del cliente. Dentro de estos costos se puede mencionar la conciliación de quejas, devoluciones del producto, descuentos y retiradas de productos. Las fallas externas generalmente representan el nivel de conformidad del cliente.

Es indispensable detectar los problemas relacionados a la mala calidad y evitar que estos lleguen al cliente. Un problema de mala calidad puede producir un impacto en la reputación de la marca y su posicionamiento, un aspecto que es más complejo de estimar cuantitativamente pero no obstante podría superar fácilmente aquellos costos visibles asociados a los problemas de calidad.

3. ANÁLISIS DEL PROCESO

3.1. Recursos materiales

Son todos aquellos recursos necesarios para llevar a cabo los procesos para la elaboración de toallas de algodón, por lo que de ellos depende la funcionalidad de las diferentes áreas de la empresa. Los recursos se deben gestionar, supervisar y controlar para abastecer las necesidades. Los recursos materiales, en su mayoría, se adquieren de proveedores y un mínimo son elaborados dentro de la empresa. Dentro de la empresa es de gran importancia el manejo de materiales ya que de ellos depende la producción y es necesario llegar a un equilibrio de cantidades de materiales, evitando pérdidas ya sea por falta de recursos materiales, como por exceso de material que incrementa los gastos de almacenamiento.

3.1.1. Materia prima

Entre las materias primas podemos encontrar los colorantes, productos químicos y auxiliares utilizados en tintorería, etiquetas, conos de hilos, bolsas para empaque entre otros.

- Productos químicos
 - Ácidos: se utilizan para regular el pH de los baños para los procesos de preblanqueo/descrude y teñido, el utilizado es el ácido acético.
 - Alcalis: se usa en las recetas de descrude, blanqueo y teñido, influye en la etapa de absorción del colorante en la tela.

- Sales: sulfato de sodio se aplica en el proceso de teñido.
 - Agentes oxidantes y reductores: peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).
- Productos auxiliares

Estos productos son disueltos o diluidos antes de su adicción a las máquinas. Se disuelven según los procedimientos recomendados por el fabricante (producto sobre el agua, agua sobre el producto, temperatura, agitación, solubilidad, entre otros).

- Humectantes: facilitan la penetrabilidad del colorante dentro de la fibra.
- Detergentes: eliminan la suciedad del sustrato. Al utilizar este producto se debe de vigilar la formación de espuma (Se debe hacer uso adicional de antiespumantes).
- Dispersantes: ayudan a mantener el colorante en los baños de tintura en fina dispersión e impiden precipitados.
- Igualadores: ayudan a que la penetración del baño de tintura en el sustrato sea de manera uniforme evitando desigualdad en el color.
- Secuestrantes: ayudan en la eliminación de sustancias endurecedores y metales pesados provenientes del agua utilizada o bien presentes en el sustrato.
- Antiespumantes: se utilizan para reducir la cantidad de aire retenida por el sustrato para facilitar la humectación del mismo.

3.2. Maquinaria y equipo

Un aspecto importante para determinar la calidad del producto es la maquinaria y equipo utilizados en las diferentes etapas de fabricación. En el área de tintorería se considera importante la uniformidad de la distribución del colorante y productos químicos que la máquina debe realizar en el menor tiempo posible. En el área de costura es importante que las máquinas planas y *overlock* estén en buenas condiciones para garantizar una costura bien acabada.

3.3. Descripción del proceso actual

La materia prima se recibe y almacenada en la bodega. Mientras se recibe se llena un formulario donde se especifica el peso, número de rollos, peso total, crudo o cremoso. Posteriormente, se toman dos rollos de muestra para pesarlos y verificar si el peso especificado es igual al real.

El operario recibe una lista de los tipos de toalla que se necesitan procesar. A continuación debe ir a la bodega a buscar los rollos necesarios para completar una carga, trasladarla a la plegadora, y coser los extremos, para desplegar la toalla. Al finalizar el despliegue la carga se traslada a la máquina de teñido.

Según sea el tipo de toalla se realiza un preblanqueo o descrude y el teñido. Terminado este proceso, la toalla se coloca en contenedores para llevarla a la centrifuga donde se programa el tiempo, según el tipo de toalla. Al finalizar el centrifugado se coloca la carga en contenedores y se traslada a la destorcedora, donde se cosen los extremos sueltos y se desentorcha. Al plegar la toalla, el operario la revisa para buscar manchas. Al finalizar este proceso la

toalla se traslada a la secadora. La velocidad y temperatura se programan según el grosor de la toalla. El operador examina la toalla y le toma las medidas para escribirlas en una hoja de control que, posteriormente, el encargado del área revisa y firma. Cuando la toalla está seca se coloca en contenedores que las depositan en el elevador para llevarlas al segundo nivel.

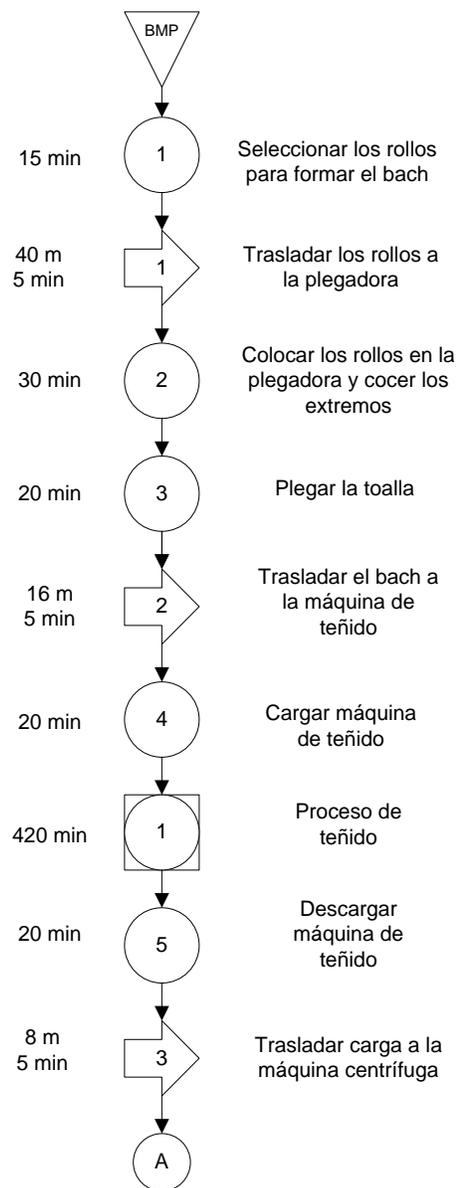
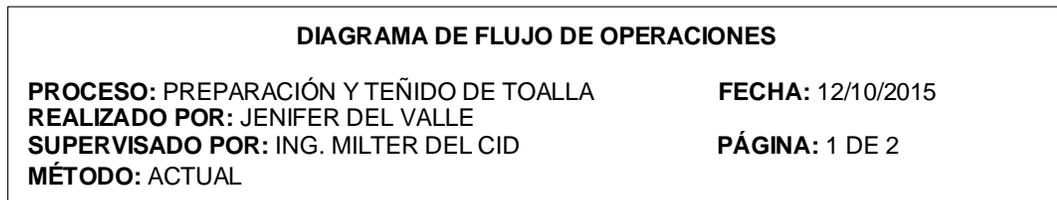
Estando en el segundo nivel, se trasladan al área de corte longitudinal (en caso de ser toalla facial o manos). Una vez cortada y plegada, se lleva a la máquina de costura longitudinal donde se le hace ruedo en ambos lados de la toalla y se pliega nuevamente. La toalla se traslada al área de corte donde se agrupa por docena o veinticuatro unidades. Estas cargas se trasladan al área de costura para que se le haga ruedo en los extremos y se le coloque etiqueta. Un operario se encarga de apilar las toallas costuradas y llevarlas hacia el área de doblado donde se clasifican como primera calidad, segunda calidad y tercera calidad. Según la clasificación, se empacan y se colocan en contenedores, luego, se compactan y se llevan a la bodega de producto terminado.

3.4. Diagrama de flujo de operaciones actual

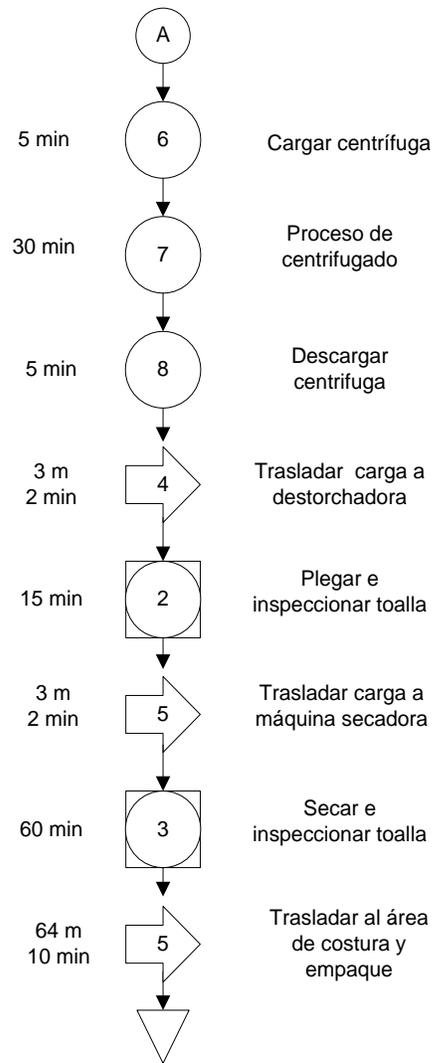
El diagrama de flujo de operaciones es muy importante ya que contiene la información necesaria para el análisis de distancias y tiempos requeridos para llevar a cabo un procedimiento. Con la finalidad de descubrir y eliminar ineficiencias y mejorar el trabajo.

Es una imagen clara de la secuencia de operaciones, en la figura 13 y figura 14, se muestra el diagrama de flujo de operaciones actual de la empresa Industria Textil, S.A.

Figura 13. Diagrama de flujo de operaciones área de teñido actual



Continuación figura 13.

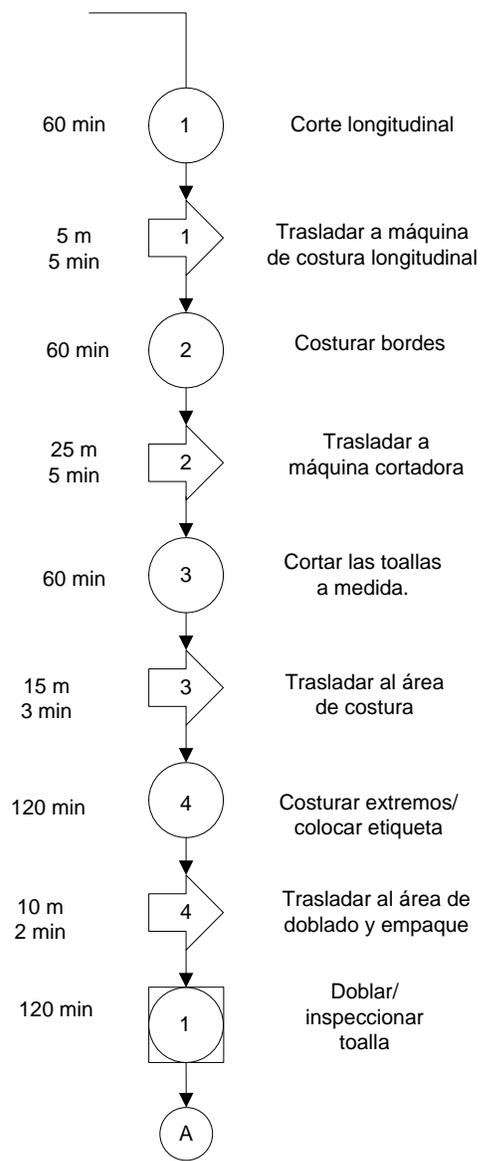


Continuación figura 13.

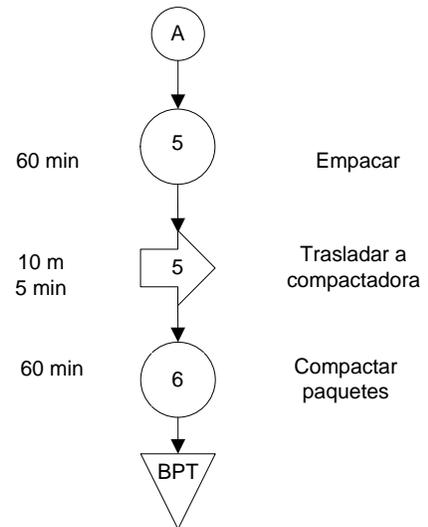
RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
	Operación	8	145 min
	Combinada	3	495 min
	Transporte	5	29 min
	Total	16	669 min

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

Figura 14. Diagrama de flujo de operaciones área de costura y empaque actual



Continuación figura 14.



RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
	Operación	6	420 min
	Combinada	1	120 min
	Transporte	5	20 min
Total		12	560 min

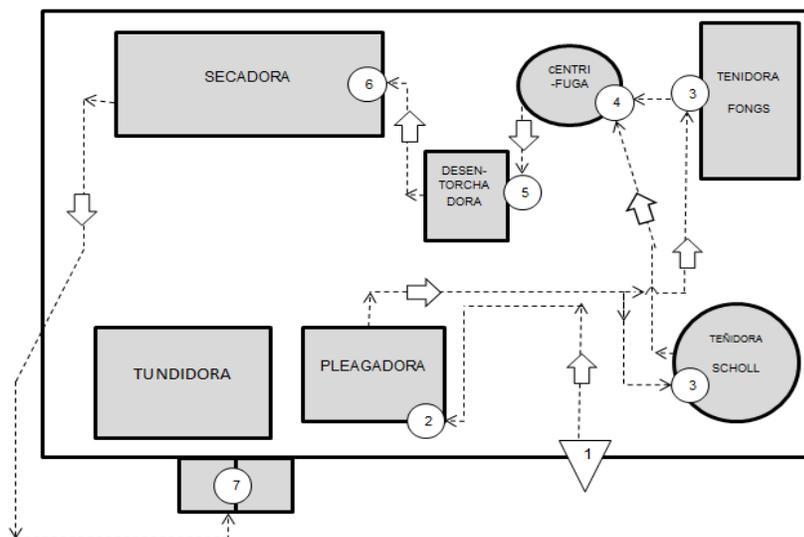
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

3.5. Diagrama de recorrido de proceso actual

El recorrido del producto en el área de tintorería es el siguiente:

- Los rollos de tela cruda son transportados hacia la plegadora.
- En la plegadora, se costuran los extremos de los rollos y se despliegan para formar las cargas.
- Teñidoras, aquí es donde la toalla se somete a preblanqueo o descrude y se tiñe.
- La centrifuga, es el área donde la toalla se exprime y posteriormente es llevada a la destorcedora.
- La destorcedora, es donde se despliega la toalla para ser secada.
- Secadora, es donde se seca la toalla para posteriormente ser llevada hacia el elevador.
- En el elevador se colocan las carretas que suben al segundo nivel.

Figura 15. Diagrama de recorrido de proceso actual del área de tintorería



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

- Área de corte longitudinal, en esta área el lote de toallas se corta de manera longitudinal en el caso de ser necesario (toallas tamaño facial y manos).
- Área de costura longitudinal, se costura longitudinalmente todo el lote de toallas y se traslada a corte.
- Área de corte, se cortan individualmente las toallas y luego se trasladan al área de costura.
- Área de costura, se cosen los extremos de las toallas y se les coloca la etiqueta, luego se trasladan al área de doblado y empaque.
- Área de doblado y empaque, se inspeccionan las toallas y se doblan para ser empacadas y selladas, luego se trasladan los paquetes al área de compactado.
- Compactadora, es donde los paquetes de toallas son agrupados para hacer un solo paquete, para ser trasladados al área de almacenamiento.

El diagrama de recorrido se puede observar en la figura 8.

3.6. Criterios de aceptación y rechazo actuales

El peso de los rollos de toalla se anota en uno de sus extremos. Ese dato solo sirve para que el operario calcule el yardaje para cada ventanilla; no es parámetro de aceptación o rechazo.

Antes de teñir el pH debe estar en un rango de 6 a 7 y antes de suavizar debe de ser 5-6, si el pH es mayor a este rango se debe de agregar ácido acético. Sin embargo, este parámetro no se mide en todos los procedimientos.

La apariencia de la toalla se rechaza cuando se encuentran demasiadas manchas a lo largo de la tela o bien si el color es disparejo. Si el problema puede solucionarse, se reprocesa. Si el encargado del área considera que las manchas no son demasiado graves, se acepta el lote y se traslada al segundo nivel donde se clasificará cada toalla como de primera o segunda calidad.

Cuando la toalla tiene agujeros o bien está rasgada, no se rechaza, solo se clasifica en primera y segunda categoría.

El color se evalúa hasta que el lote completo está seco y es comparado visualmente en un área que no posee la luz adecuada, lo que produce metamerismo.

El ancho, largo y peso de las toallas se toma inconstantemente, sin embargo cuando existen pedidos grandes para clientes especiales (supermercados) se evalúan los pesos y medidas. Si no cumple con las especificaciones no se despachan y se empaacan como producto para clientes locales.

En el área de doblado las toallas se clasifican de la siguiente manera:

- Toalla con cero defectos es clasificada como primera calidad.
- Toda toalla que tenga manchas es clasificada como segunda calidad.
- Toda toalla que tenga agujeros es clasificada como tercera calidad.

Antes de empaquetar las toallas estas no deben tener hilos flotantes en los bordes. Se debe verificar que la etiqueta sea la correspondiente al tamaño y calidad, si posee una etiqueta diferente se rechaza.

Se debe evaluar la calidad de la costura es decir, que no posea saltos de costura, costura montada, costura doble.

3.7. Calidad correctiva actual

Actualmente, no existen reportes de los datos obtenidos de las pruebas que realizan.

Cuando los problemas se relacionan con los tonos de color, las toallas se reprocesan, es decir que nuevamente son llevadas a la máquina de teñido para matizarlas.

Cuando las toallas presentan manchas por soda ash, fijador, suavizante o colorante, se reprocesan para que el color tenga un mismo todo. En algunos casos, se desmontan y vuelven a pasar por el proceso de teñido.

Los hilos sueltos se deben recortar, si la toalla presenta una etiqueta diferente, se retira y se deja a un lado para llevarla a costura donde le colocarán la etiqueta correspondiente. Cuando existen defectos por costura, costura floja,

saltos en la costura, costura montada o doble costura se lleva nuevamente al área de costura para su compostura.

Los procedimientos de inspección no se realizan constantemente.

No existe un laboratorio de calidad o un área que tenga los parámetros requeridos de temperatura y humedad relativa para realizar las pruebas.

3.8. Calidad preventiva actual

En pedidos especiales de toallas, durante el proceso de teñido, se pide a los operarios que saquen una muestra de la toalla, La primera se debe tomar después de la soda ash, la siguiente, después del jabonado y, la última, después de fijar. De esta manera se verifica el tono del color y cuándo se debe agregar o quitar pasos del programa para llegar al tono del color adecuado.

Los parámetros no son constantemente controlados, por lo que generan posibles reprocesos. No existen estándares de puntos críticos, esto provoca que el producto sea rechazado hasta el final del proceso, cuando pudo haber sido corregido en etapas previas.

El control de anchos y largos se realiza de manera aleatoria y sin ningún período de tiempo específico. Esta muestra no es representativa ya que en los lotes, muchas veces existe más de un rollo de crudo y cada uno de ellos puede diferir en sus medidas o en su aspecto. Por ello, es necesario sacar muestras más grandes para tener datos más representativos y confiables.

Actualmente, no se realizan pruebas de encogimiento ni inspección de la tela.

La falta de controles durante todo el proceso de fabricación aumenta la cantidad de producto de segunda y tercera calidad. Por esta razón, los pedidos quedan incompletos al no existir la cantidad idónea para completarlos. Además, se generan atrasos en las órdenes de producción debido a que se debe programar nuevamente.

3.9. Causas de los reprocesos

Los reprocesos es uno de los problemas que todas las empresas quieren evitar porque adicionan costos y se pierde tiempo. Dentro de Industria Textil, S.A., los reprocesos en el área de tintorería son los que más tiempo conllevan y por lo tanto provocan que la planificación se altere drásticamente. Con ello se provocan atrasos. Los reprocesos son causados por:

- Manchas de soda ash
- Manchas por fijador
- Manchas por suavizante
- Manchas por dureza del agua
- Manchas por residuos de peróxido en la tela
- Tono del color

En el área de costura los reprocesos se dan cuando los bordes de las toallas no son cosidos correctamente y quedan espacios sin costura. Otra causa de reproceso es la colocación de etiquetas incorrectas. El operario coloca etiquetas que no corresponden a la marca, calidad o tamaño de la toalla.

En el área de empaque, los reprocesos se deben a equivocaciones en la cantidad de toallas por empaquetar, cuando no se surten los colores (y el cliente pidió que fueran surtidos).

Los productos terminados son almacenados en la bodega. Los reprocesos de empaque surgen cuando los productos son almacenados por un período largo de tiempo y el empaque se deteriora, es decir que presenta agujeros o está demasiado sucio y es difícil de limpiar. Por ello, se deben cambiar los empaques de los productos.

3.10. Clasificación de calidad de toallas

Durante el proceso de fabricación las toallas sufren alteraciones químicas y físicas. Sin embargo, cuando estas alteraciones afectan su calidad y pueden ser detectadas fácilmente, dejan de cumplir con los estándares de calidad. Si el producto se entrega con defectos e incumple con los estándares que el cliente exige, la imagen de la empresa se deteriora.

Por este motivo las toallas son clasificadas en diferentes calidades según la magnitud de los defectos.

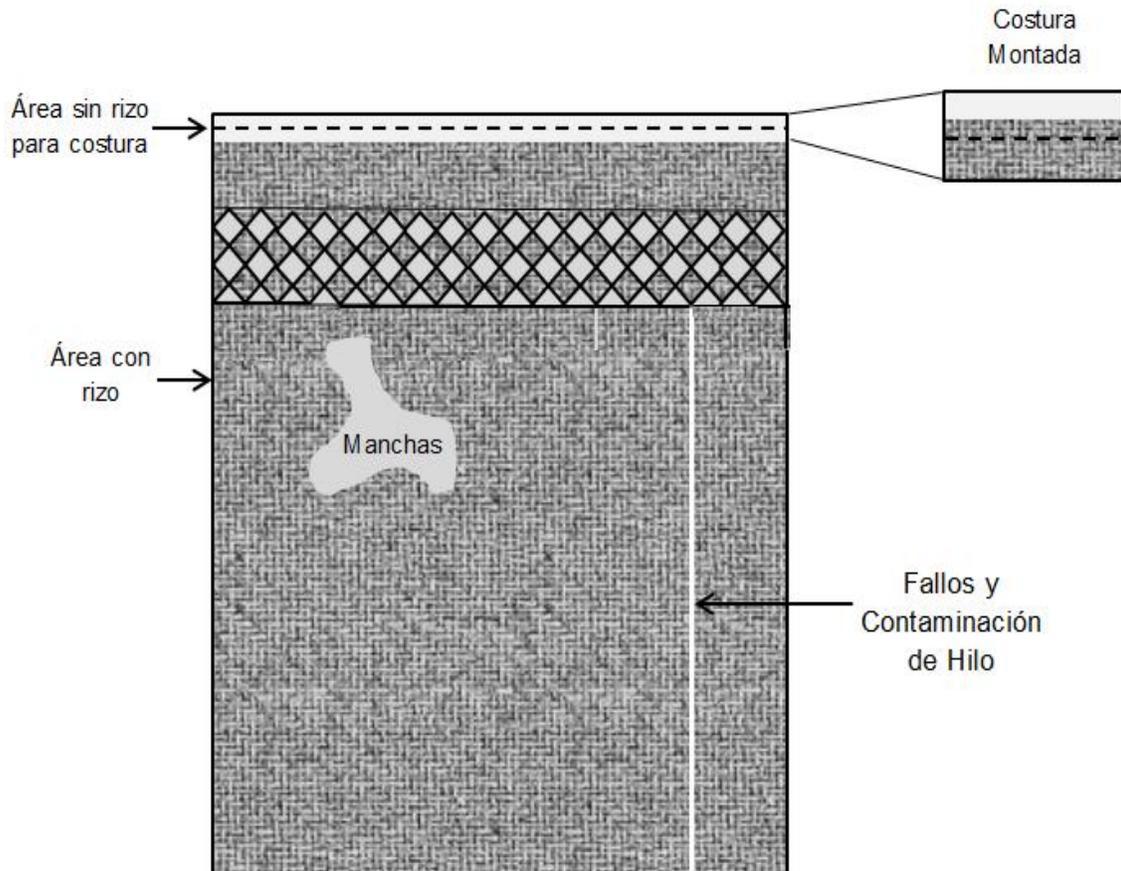
3.10.1. Toalla de primera calidad

Son aquellas toallas que no poseen ningún factor físico alterado. Es decir, son toallas con cero defectos.

3.10.2. Toalla de segunda

Son toallas con manchas, fallos, costura montada, contaminación de hilo y todos aquellos defectos que no puedan pasar a compostura. Este producto incumple con los estándares. A estas toallas se les elimina la etiqueta que se les haya colocado con anterioridad y se empacan como producto “Caricia”, marca bajo la que se vende a menor precio.

Figura 17. **Toalla de segunda calidad**

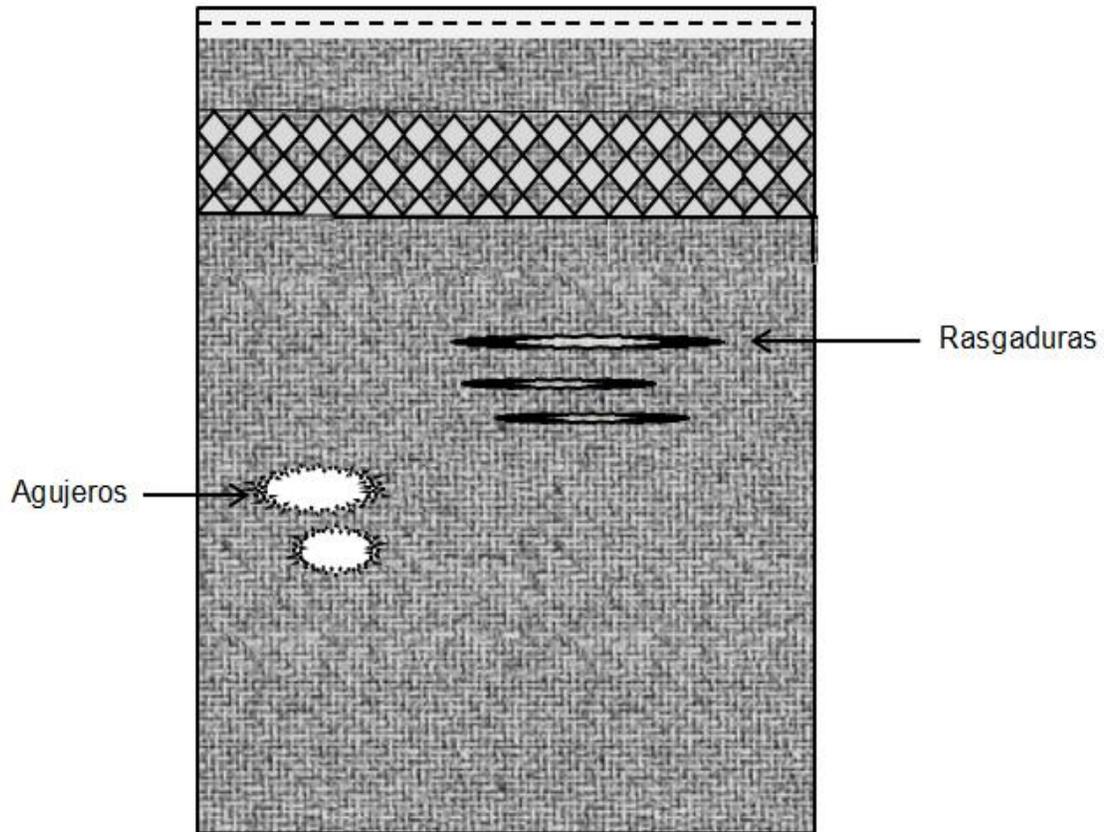


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

3.10.3. **Toalla para retazo**

Presentan agujeros o rasgaduras. Se venden como retazos y no conservan su integridad puesto que son rotas por completo.

Figura 18. **Toalla para rechazo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

4.1. Pruebas de calidad en el producto

A continuación se presentan los procedimientos que se deben utilizar para el cálculo de las variables de calidad:

- Pruebas de peso
- Pruebas de ancho
- Pruebas de encogimiento
- Control de tonos
- Inspección de tela

4.1.1. Pruebas de peso

- Propósito: determinar el peso en g/m^2 del producto terminado.
- Procedimiento: la muestra se debe dejar relajar por un mínimo de 3 horas en un lugar con las condiciones $21^{\circ}\pm 5$ °C y una humedad relativa de 65 %. Después de relajada se debe doblar la toalla de tal forma que quede dentro del área de la báscula. Se deben tomar las medidas de la toalla puesto que estas serán utilizadas para obtener el resultado en g/m^2 .

Para la obtención de este parámetro se debe utilizar la siguiente fórmula.

$$\text{Peso (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Peso Total (g)}}{\text{Ancho x Largo (m)}}$$

4.1.2. Pruebas de ancho

- Propósito: determinar el ancho en pulgadas
- Procedimiento: se utilizará la misma muestra que para el control de pesos. Se debe colocar la toalla sobre una mesa o superficie plana evitando cualquier tensión, se procede a tomar las medidas con la cinta métrica.

4.1.3. Prueba de encogimiento

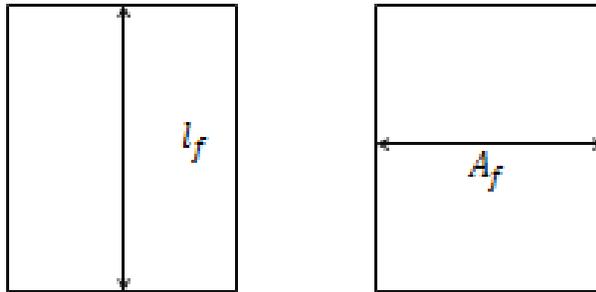
- Propósito: determinar el porcentaje de encogimiento de la tela después de lavada y relajada.
- Procedimiento: se toman las muestras de las toallas en crudo y se mide el ancho y el largo. Las muestras se marcan y se llevan a la lavadora donde se programa el ciclo de 45 minutos y el agua tibia. Finalmente, se le agregan 300g de detergente.

Al terminar el ciclo las muestras son trasladadas a la secadora donde se programa el ciclo de 30 minutos. Al terminar el ciclo y al estar las toallas completamente secas se dejan relajar en un área por un mínimo de 30 minutos en un lugar con las condiciones $21^{\circ}\pm 5$ °C y una Humedad Relativa de 65 %. Luego, se miden las muestras a lo largo y ancho para obtener el porcentaje de encogimiento.

Para obtener estos parámetros se deben utilizar las siguientes fórmulas.

Figura 19. **Fórmulas para cálculo de encogimientos**

$$L\% = \frac{l_o - l_f}{l_o} * 100 \qquad A\% = \frac{A_o - A_f}{A_o} * 100$$



Dónde:

$l_o =$ Largo inicial $l_f =$ Largo Final

$A_o =$ Ancho inicial $A_f =$ Ancho Final

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.1.4. **Control de tonos**

Para realizar estas pruebas usará la evaluación visual del color mediante el empleo de una caja de luces con luminarias estándares. El color de las paredes de la cabina debe ser gris neutro, para que no interfiera con la evaluación del color.

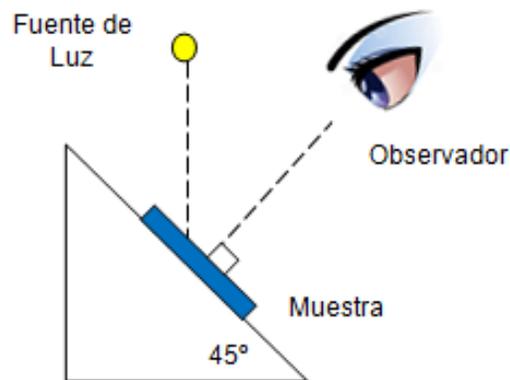
Se toma la muestra de la toalla colocándola junto con el estándar dentro de la caja de luces en un ángulo de 45° y observándola a 90°.

Figura 20. **Caja de luces**



Fuente: LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo. *La Industria Textil y su Control de Calidad*. p. 141.

Figura 21. **Geometría de la visión**

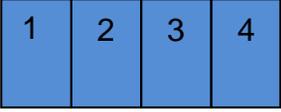
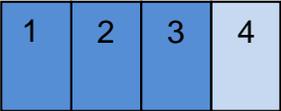
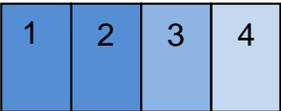
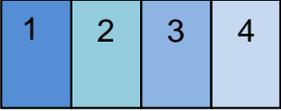


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Al evaluar muestras de diferentes colores se debe empezar con los tonos claros, luego, los tonos medios y por último los colores intensos.

Las muestras deben tomarse de cada cuerda de teñido, para evaluar las tonalidades en el lote completo. Se evaluará conforme los siguientes criterios.

Tabla VI. **Método para la aceptación y rechazo de tonos**

Tonalidad	Cuerdas iguales	Criterio
	0	Se acepta
	1	Se acepta
	2	Se rechaza
	3	Se rechaza

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Inspección de tela

- Propósito: determinar si la toalla cumple con los parámetros establecidos para clasificarla como de primera, segunda o tercera calidad. Para ello, se evaluará la tela y se calificará según los defectos. De esta manera se obtienen datos cuantitativos con los cuales se puede tomar una decisión de aprobación o rechazo.

- Procedimiento: se debe inspeccionar por lo menos el 10 % del total de los rollos de tela del lote. Inspeccionar visualmente toda la tela del rollo a una velocidad prudente que permita detectar los defectos. Se deben clasificar los defectos y asignarles una puntuación.

Tabla VII. **Método de 4 puntos**

Tamaño del defecto	Penalidad
3 pulgadas o menos	1 punto
Más de 3 pulgadas pero no más de 6 pulgadas	2 puntos
Más de 6 pulgadas pero no más de 9 pulgadas	3 puntos
Más de 9 pulgadas	4 puntos

Fuente: <http://blog.asiaqualityfocus.com/es/4-sistemas-de-cuatro-puntos-para-el-control-de-calidad-de-la-tela>. Consulta: marzo de 2016.

En una yarda lineal puede penalizarse hasta un máximo de cuatro puntos. Solamente deben considerarse los defectos mayores, es decir todo aquel defecto que pueda causar que la toalla sea clasificada como de segunda. A todos los defectos menores no se les asigna ningún punto de penalidad.

Serán considerados como defectos mayores los siguientes:

- Agujeros
- Fibra ausente
- Fibra de otro color
- Manchas/ aceite/teñido

Parámetro de aceptación: se debe aceptar hasta un máximo de 40 puntos por 100 yardas.

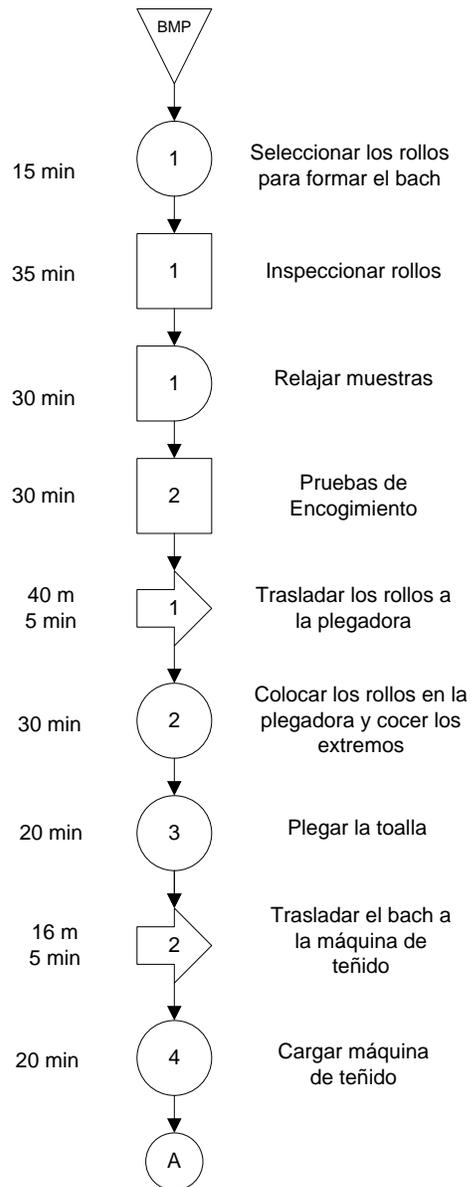
4.2. Diagrama de flujo de operaciones mejorado

Al conocer cada una de las operaciones de los procedimientos de las áreas de teñido, costura y empaque, se realiza un análisis y se establecen mejoras.

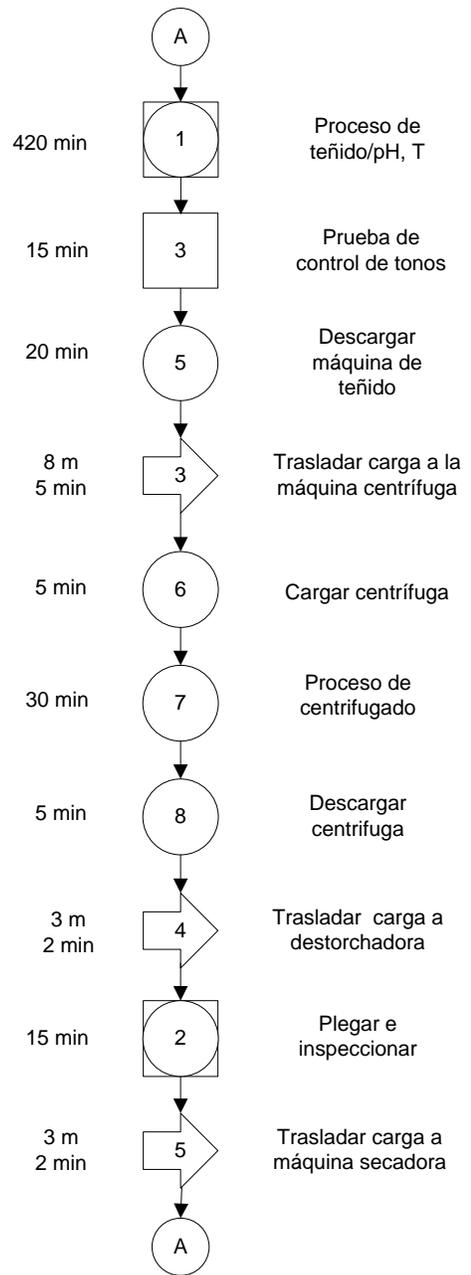
En la figura 22 y figura 23 se muestra el diagrama de flujo de operaciones mejorado. En estos diagramas se incluyen operaciones nuevas las cuales consisten en las pruebas de calidad que se llevarán a cabo en las diferentes áreas.

Figura 22. Diagrama de flujo de operaciones área de teñido mejorado

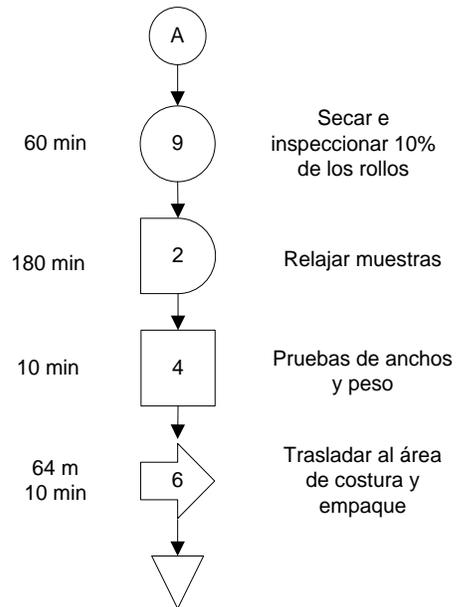
DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES	
PROCESO: PREPARACIÓN Y TEÑIDO DE TOALLA	FECHA: 10/01/2016
REALIZADO POR: JENIFER DEL VALLE	
SUPERVISADO POR: ING. MILTER DEL CID	PÁGINA: 1 DE 3
MÉTODO: MEJORADO	



Continuación figura 22.



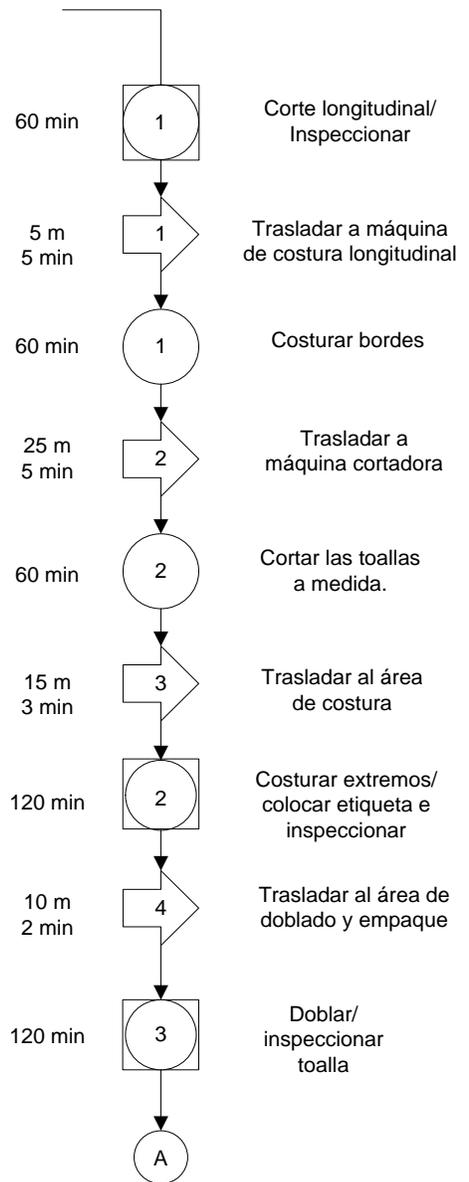
Continuación figura 22.



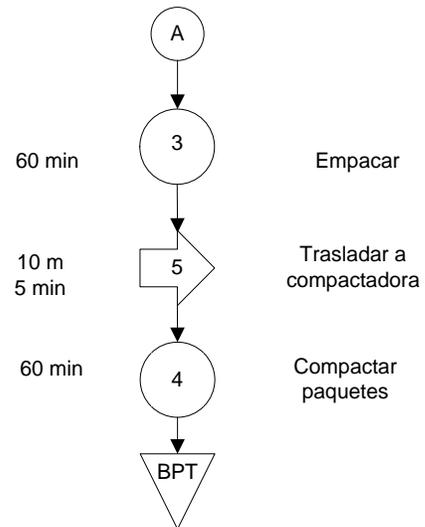
RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
	Operación	9	205 min
	Combinada	2	435 min
	Transporte	6	29 min
	Inspección	4	90 min
	Demora	2	210 min
Total		23	969 min

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

Figura 23. Diagrama de flujo de operaciones área de costura y empaque mejorado



Continuación figura 23.



RESUMEN			
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
	Operación	4	180 min
	Combinada	3	300 min
	Transporte	5	20 min
Total		12	500 min

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

4.3. Programa preventivo de calidad

El programa preventivo de calidad se realiza para mejorar el control de calidad dentro de los diferentes procesos de fabricación y para reducir los costos adicionales que conllevan los reprocesos y mejorar la productividad de la empresa. Estas mejoras se logran por medio de la identificación de los puntos críticos de control es decir, procesos específicos donde se considera necesario aplicar un control para verificar los parámetros de calidad y así identificar los defectos y evitar que el producto continúe con el proceso completo o que el proceso se siga realizando de manera deficiente y adicione más costos al producto.

4.3.1. Evaluación de puntos críticos de control

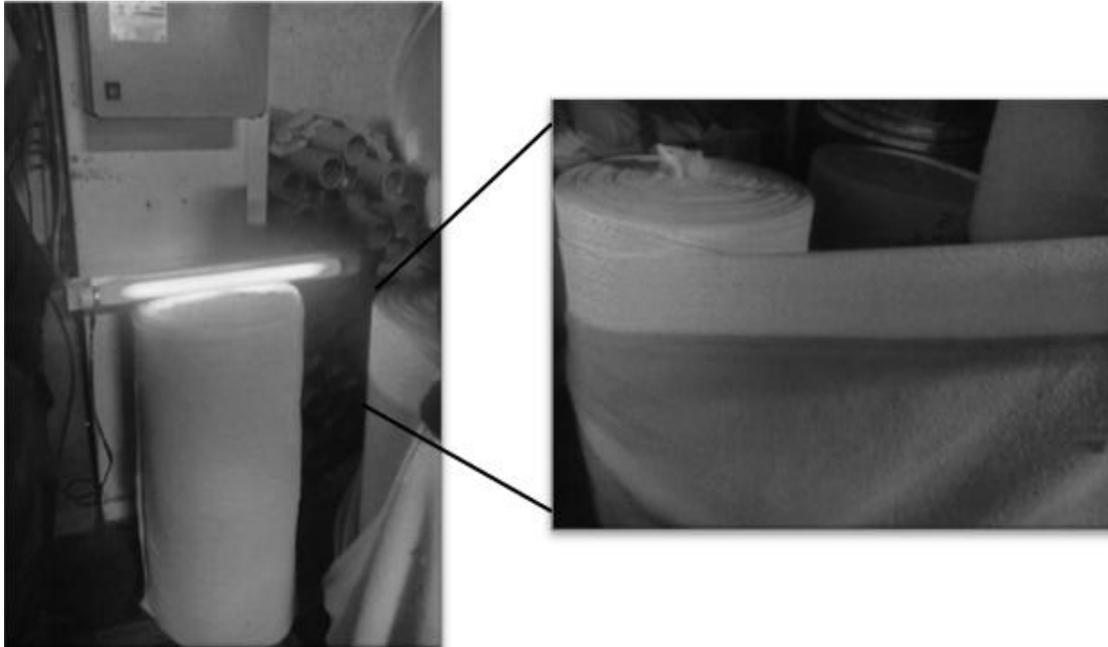
A continuación, se especifican los puntos donde deben verificarse los parámetros de calidad en el producto y verificar si continúa el proceso o si es necesario un reproceso.

- **Rollos de tela**

Los rollos de tela cruda se deben revisar con luz ultravioleta antes de ser plegados para identificar los rollos que presenten mezcla entre tejido crudo y cremoso. Este defecto, al realizar el proceso de teñido, provoca diferencia de tonalidades, ya que el área de tejido cremoso es menos amarillenta que el tejido crudo.

Se deben separar los rollos que presenten este defecto y utilizarlos exclusivamente como blanco óptico, ya que la diferencia de tono no será tan notoria.

Figura 24. **Inspección de rollos con luz ultravioleta**



Fuente: Industria Textil, S.A.

- **Proceso de teñido**

En los procesos de tintura se deben controlar parámetros muy importantes para el desarrollo de un teñido, dentro de los cuales se encuentran:

- **Medición del potencial de hidrógeno (pH)**

Es importante, ya que algunos procesos o etapas requieren condiciones ácidas o básicas para que la tintura se lleve a cabo.

La escala de pH va de 0 a 14 en disolución acuosa. Las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor porque hay más iones en la disolución) son ácidas, y las mayores a 7 son

alcalinas. Las que tienen pH, de 7 son neutras. El pH es un factor importante para que los químicos cumplan adecuadamente con su función.

Después de añadidos los químicos y dejados en circulación se toma la muestra y se mide el pH, cuando este se encuentra entre los rangos especificados se continúa con el proceso, pero cuando el pH no es el indicado se debe reforzar, es decir, añadir nuevamente los químicos necesarios y dejarlos circular para tomar nuevamente la muestra y verificar el pH.

- Temperatura

La temperatura de una tintura es importante para que se dé el correcto montaje del colorante. Las diferencias de temperaturas pueden causar problemas de reproducibilidad de colores.

- Tiempo

Cada colorante tiene su tiempo de tintura y cualquier cambio puede causar problemas, como diferencia de tonos, falta de agotamiento del colorante, reducción del colorante etc.

- Relación de baño

Se entiende por relación de baño a la cantidad de materia que se debe teñir y la cantidad de agua que se debe utilizar. El cálculo inadecuado de la relación puede causar muchos problemas. Demasiada agua implica que mucho del colorante no se fije en el sustrato y poca agua causaría que aumente la viscosidad en los baños de tintura.

$$R/B = 1:8$$

- Verificar el peso de auxiliares y colorantes

En el área de materia prima se realiza la medición de colorantes y químicos. El operario encargado recibe las hojas donde se especifican las cantidades de los químicos, auxiliares y colorantes, los ordena fuera de la bodega y deja adjunta la hoja. Es importante que el operario esté capacitado para el manejo adecuado de los químicos y que sea lo más exacto posible ya que una variación en las cantidades puede ocasionar problemas durante el teñido.

- Adición correcta de productos y colorantes

La adición correcta de los productos es de vital importancia para una partida con calidad, el orden de colocación de los productos así como el tiempo de dosificación influye totalmente en el correcto montaje del colorante de forma uniforme sobre el sustrato. La disolución de un colorante es una de las etapas más importantes para la reproducción de los tonos. Cada colorante tiene una forma de disolver y es en base a las especificaciones técnicas que dan los proveedores del producto, las cuales pueden ser: la cantidad de agua a utilizar, temperatura de disolución, velocidad de mezclado, si debe ser lenta o rápida entre otros.

- Muestra de color durante soda ash

Durante el proceso de teñido, después de dosificar el colorante y al finalizar el agotamiento del mismo, aun no se ha fijado hasta encontrarse en un medio alcalino, por lo que se aplica soda ash. En esta etapa se debe obtener una muestra de la tela 5 o 10 minutos antes de finalizado el tiempo de tintura, comparándola con muestras anteriores o con el primer lote producido de ese color.

Si se detecta una variación muy grande se debe matizar el color ya sea realizando otro jabonado (si el color fuera más intenso) o realizando una nueva fórmula de colorantes.

- Muestra después del jabonado

Se debe obtener una muestra de color después del jabonado y compararlo contra la obtenida del lote estándar, con esto se determinará si el proceso puede seguir normalmente o bien si es necesario matizar el color.

- Inspección en el plegado antes de secar

Se debe inspeccionar la tela para detectar manchas constantes en toda su extensión, suciedad, agujeros y cualquier defecto que se considere causante de un reproceso. La inspección, antes del secado es importante ya que este proceso se considera como el cuello de botella de la producción. Verificar el peso de auxiliares y colorantes.

4.3.1.1. Elaboración de estándares de puntos críticos

La elaboración de estándares tiene una gran importancia para el mejoramiento del producto, permite verificar las características del producto en las diferentes etapas de producción.

- Control de pH y temperatura

En el proceso de teñido el operario debe medir el pH el cual debe encontrarse en los rangos establecidos.

Tabla VIII. **Medición de pH**

Etapa del proceso	pH
Antes de teñir	6 – 7
Teñido	10.80 – 11.2
Antes de jabonado	7
Antes de suavizar	4.5 – 6

Fuente: Industria Textil, S.A.

El encargado de la tintorería debe realizar inspecciones constantes de los programas de las máquinas, verificando que el tiempo y temperatura sean adecuados y que no varíe en cada máquina de teñido. Las temperaturas variarán según las especificaciones de los productos químicos y auxiliares que se utilizan, por lo que se realizarán las modificaciones pertinentes si es necesario.

Tabla IX. **Temperatura**

Proceso	Temperatura
Preblanqueo/descrude	90°C
Teñido	60°C
Jabonado	80°C
Suavizado	40°C

Fuente: Industria Textil, S.A.

- Control de la dureza del agua

Este factor determina en gran medida la calidad del teñido de la toalla. La dureza del agua favorece las incrustaciones en las máquinas, disminuye la

efectividad de los jabones y detergentes utilizados, aumenta la probabilidad de que aparezcan manchas en la toalla.

Se debe evaluar la dureza del agua de manera constante, utilizando tiras reactivas o el kit de reactivos. Si se determina dureza de agua se debe realizar el procedimiento adecuado para ablandarla y se debe tomar como medida el aumento de la cantidad de secuestrante, detergente y jabones utilizados en el teñido.

Figura 25. **Medición de la dureza del agua**



Fuente: LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo. *La Industria Textil y su Control de Calidad*. p. 76.

- **Materias primas**

El encargado de tintorería es responsable de evaluar los productos de los diferentes proveedores, estudiando la hoja técnica de los productos para conocer las especificaciones del proceso y datos de temperatura, pH, viscosidad, y demás datos que el proveedor proporcione. También se debe verificar que el lugar de almacenaje de las materias primas sea el óptimo.

La calidad de las toallas depende en gran medida de las materias primas utilizadas.

4.3.1.2. Estándares y parámetros para las estaciones de trabajo

- Máquinas de teñido

El operario encargado de teñir no debe intervenir cuando se estén pesando colorantes o químicos, para evitar impregnarse con ellos y contaminar la tela.

El operario debe permanecer atento a la máquina cuando está pida los químicos. También debe inspeccionar las temperaturas, nivel de agua, y cualquier otro factor que pueda afectar el procedimiento y así mismo provocar problemas en la toalla.

Antes del proceso de teñido se lleva a cabo el descrude (para colores fuertes) y preblanqueo (para colores pastel), los cuales tienen como función quitarle la goma a la toalla y blanquearla, preparándola así para el proceso de teñido.

El teñido es un proceso muy delicado y el que mayores complicaciones puede presentar, ya que se manejan diferentes aditivos que pueden provocar defectos en la toalla. Una mala aplicación de soda ash, fijador y suavizante puede provocar manchas en el lote. Si la toalla no se encuentra con un pH adecuado también puede repercutir en el tono del color.

Los aditivos deberán ser cuidadosamente mezclados hasta que no se encuentre ningún grumo y se deberán agregar cuidadosamente bajo el tiempo que el programa establezca.

Se debe tener especial cuidado con la soda ash y el fijador, ya que estos dos elementos fijan químicamente el colorante en la toalla y le agregan una capa protectora. Por ello, una aplicación inapropiada provocará manchas. Para evitar esto se deben tomar muestras antes de agregar ambos aditivos.

El operario no tenga manchas de colorante de diferente color al que tiñó cuando descargue la toalla, de esta manera no contaminará el producto. También debe estar atento a que la toalla caiga dentro del contenedor plástico.

- Área de centrifugas

Se debe introducir la toalla en la centrifuga a una velocidad lenta y de forma circular, dejándola distribuida de manera equitativa.

Los tiempos de centrifugado deberán ser programados según lo establecido para cada tipo de toalla.

Para descargar la toalla el operario deberá colocar el contenedor plástico y revisar que la toalla caiga directamente dentro del recipiente.

Tanto para la carga como para la descarga de la toalla, el operario deberá estar pendiente de que la toalla no se enrede en los rodillos o bien que no se salga de ellos, para evitar manchas de suciedad. También debe cuidar de que la toalla no caiga al suelo en ningún momento.

Tabla X. **Tiempos de centrifugado**

Calidad de toalla	Tiempo
101, 102	30 min
103, 104	25 min
105, 106	20 min

Fuente: Industria Textil, S.A.

- **Área de destorcedora**

El operario debe cuidar que la tela no se trabe en la máquina, y que no se corra de un lado a otro verificando que el sensor funcione. Si el sensor no funciona debe informar de inmediato al encargado.

Para que la toalla no se contamine al ser plegada, el operario debe colocar la tarima (opcional) y, sobre ella un plástico. Debe observar que la toalla no caiga al suelo y que, desplegada no alcance una altura mayor de 1,50 metros, para evitar que se vuelque y contamine. Si los colores son pasteles o blancos la toalla se debe cubrir.

En esta área también se debe inspeccionar la tela para detectar alguna mancha que persista en gran parte de la toalla. Si es así, el operario debe informar al encargado para determinar si es necesario el reproceso del lote.

- **Área de secado**

Se debe inspeccionar la tela para detectar alguna mancha que no haya sido detectada en la destorcedora; si es así el operario debe de informar al encargado.

No se deben mezclar tejidos de diferentes densidades en la misma pasada, el operario debe evitar la formación de dobleces en la entrada de la secadora.

Se debe programar la secadora para que la toalla circule sin tensiones demasiado grandes para evitar problemas de inestabilidad dimensional, y debe verificar si el enfriamiento en la salida sea uniforme y adecuado para el tejido.

- Área de costura

En el área de costura existen diferentes factores que se deben controlar para evitar composturas y mejorar la apariencia final de la toalla.

El operario debe tener a la mano las etiquetas correspondientes con el tipo de toalla que va a costurar en ese momento para colocarla de manera correcta, debe controlar los saltos en la costura, malos dobleces, costuras dobles y monturas.

- Área de doblado

Todo operario que tenga contacto con la toalla debe de tener las manos limpias. Los operarios deben inspeccionar las toallas identificando fallos, manchas o rasgaduras para proceder a clasificar las toallas por calidad.

Los operarios deben disponer de una pistola desmanchadora, la cual permitirá recuperar las toallas manchadas durante el trabajo.

La toalla es doblada y seguidamente se despita es decir, se cortan todos los hilos sueltos en los bordes de las costuras.

- **Área de empaque**

Los operarios deben empaquetar las toallas dobladas y surtir las según lo especificado. Es necesario que antes de sellar las bolsas se introduzcan las etiquetas donde se especifica la cantidad de toallas y el tamaño. En el caso de las toallas de segunda calidad se debe especificar qué operario lo revisó y empaquetó.

4.4. Proceso para el control estadístico

El mejoramiento de la calidad depende de la inspección continua de los insumos y productos durante el proceso de fabricación. Cuando se comparan los insumos y productos por medio de gráficos de control se evalúa la conformidad alcanzada según las especificaciones.

El control estadístico se utilizará para medir y monitorear el desempeño del proceso identificando las áreas o procesos donde se necesite mejoramiento. De esta forma se tomarán acciones adecuadas para reducir las variaciones en los resultados.

Esta identificación se realizará por medio de la toma de datos de diferentes características del producto.

4.4.1. Plan de muestreo

Se propone la utilización del plan de muestreo de aceptación para variables, basado en la norma MIL-STD-414. Este plan de muestreo especifica el número de elementos o artículos por inspeccionar y define el criterio para juzgar los lotes.

Paso 1: determinar el tamaño del lote.

Paso 2: seleccionar el nivel de inspección.

Paso 3: buscar la letra código según el tamaño del lote y nivel de inspección.

Tabla XI. **Letra código para diferentes niveles de inspección**

Tamaño del lote		Niveles de inspección				
		Especial		General		
		S3	S4	I	II	III
2 a	8	B	B	B	B	C
9 a	15	B	B	B	B	D
16 a	25	B	B	B	C	E
26 a	50	B	B	C	D	F
51 a	90	B	B	D	E	G
91 a	150	B	C	E	F	H
151 a	280	B	D	F	G	I
281 a	400	C	E	G	H	J
401 a	500	C	E	G	I	J
501 a	1 200	D	F	H	J	K
1 201 a	3 200	E	G	I	K	L
3 201 a	10 000	F	H	J	L	M
10 001 a	35 000	G	I	K	M	N
35 001 a	150 000	H	J	L	N	P
150 001 a	500 000	H	K	M	P	P
500 001	y más	H	K	N	P	P

Fuente: Tabla A-2 Norma MIL-STD-414/Z1.9.

Paso 4: buscar el tamaño de la muestra según la letra código.

Tabla XII. **Tamaño de las muestras**

Código de la muestra	Tamaño de la muestra
B	3
C	4
D	5
E	7
F	10
G	15
H	20
I	25
J	35
K	50
L	75
M	100
N	150
P	200

Fuente: Tabla 13-3 Norma MIL-STD-414/Z1.9.

4.4.2. Diseño de hoja de registro

La hoja de registro también llamada hoja de control sirve para recolectar datos mediante la clasificación de la información, según determinadas categorías.

La hoja de registro se utilizará para anotar los resultados obtenidos en las pruebas de calidad donde se obtengan datos cuantitativos. Este registro, posteriormente, será utilizado para la elaboración de los gráficos de control.

4.4.3. Gráficos de control

Los gráficos de control se utilizarán para determinar si el proceso de fabricación de toallas de algodón se encuentra bajo control, por medio del registro del número de defectos en una muestra.

Los gráficos de control serán implementados en las siguientes variables:

- Prueba de peso
- Pruebas de anchos
- Pruebas de encogimiento
- Control de tonos
- Inspección de tela

4.5. Criterios de aceptación y rechazo del producto

Los criterios de aceptación y rechazo consisten en medir y decidir si el producto es aceptable o no. Estos criterios son definidos según la capacidad del proceso o bien por mutuo acuerdo con los clientes.

Tabla XIII. **Parámetros de aceptación y rechazo**

Variable		Unidad de medida	Rango de aceptación	Rango de rechazo
Peso		g/m ²	-5 % a +5 %	>±8 %
Ancho		Pulgadas	-3 % a +3 %	>±6 %
Encogimiento	Ancho	Porcentaje	0 % a 8 %	>±11 %
	Largo		0 % a 12 %	>±15 %
	Peso		0 % a 10 %	>±13 %
Control de tonos		Número de cuerdas iguales	0 a 1	2 a 3
Inspección de tela		Puntos por defecto	0 a 40	>40

Fuente: elaboración propia.

4.6. Diagrama de Pareto

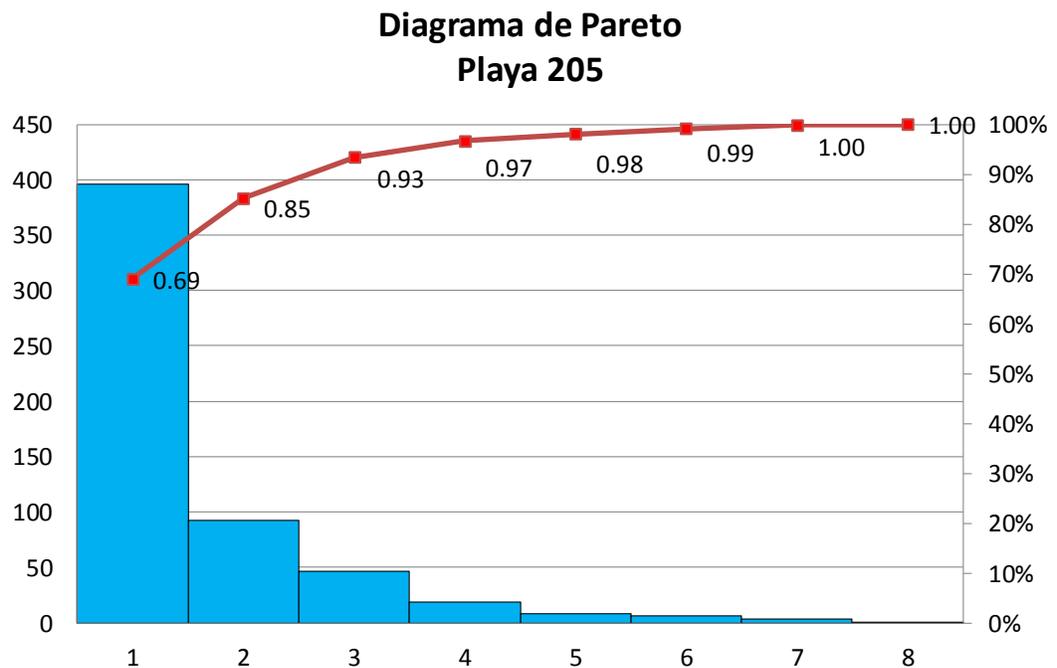
Este diagrama permite identificar las principales razones por las que se producen reprocesos, toallas de segunda y tercera calidad. Conforme la jerarquía de estos factores se debe tomar medidas preventivas y correctivas.

Tabla XIV. **Diagrama de Pareto**

Diagrama de Pareto Playa 205				
No.	TIPO DE ERROR	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	Fallos de tejeduría	396	6,99	68,99
2	Toalla peluda	93	16,20	85,19
3	Manchas por tintorería	47	8,19	93,38
4	Rasgaduras o agujeros	19	3,31	96,69
5	Manchas por suciedad	8	1,39	98,08
6	Tela plana	6	1,05	99,13
7	Otros fallos de tejeduría	4	0,70	99,83
8	Contaminación de hilo	1	0,17	100,00
		574		

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Diagrama de Pareto**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

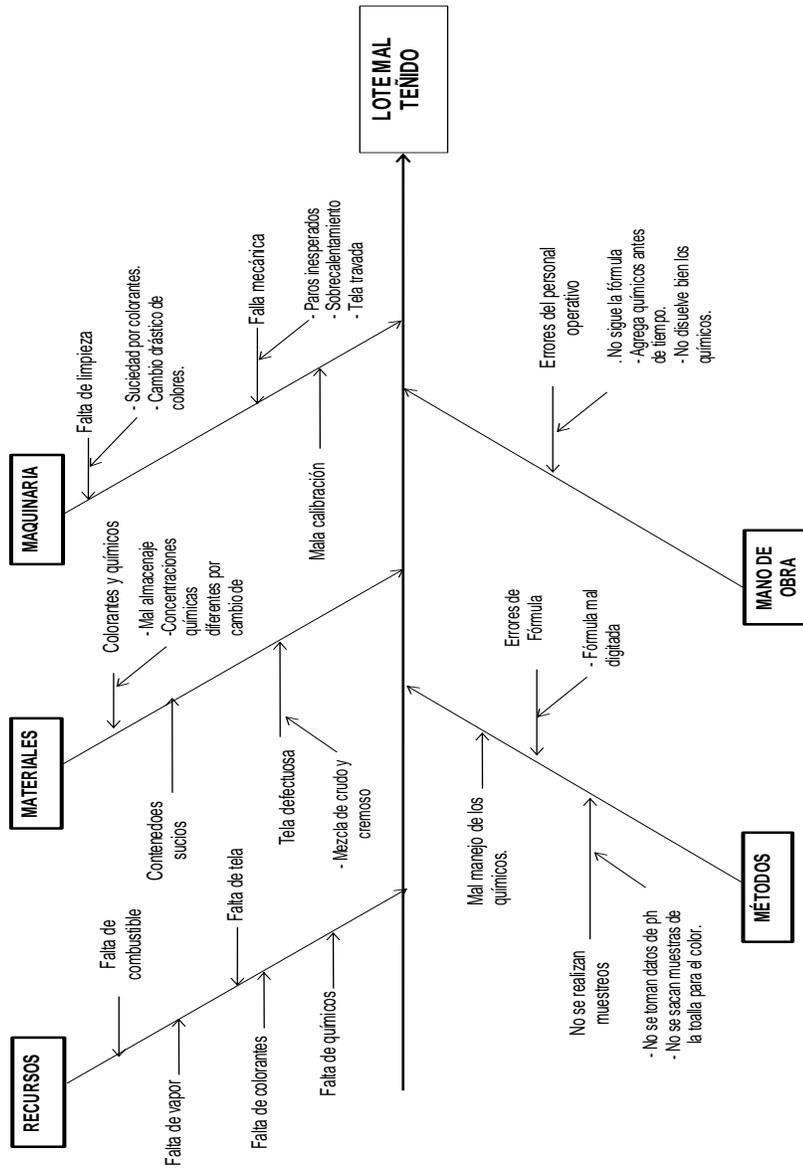
El mayor problema de calidad que se encuentra en las toallas se debe a fallos de tejeduría, es decir que las toallas de segunda y tercera calidad se deben a la principal materia prima, la cual es la tela en crudo. Por ello, se debe coordinar con el proveedor para encontrar una solución y elaborar un plan de acción y mantenimiento de la maquinaria.

4.7. Diagrama de causa y efecto

Al realizar un análisis de la situación actual y de los problemas que existen en las diferentes áreas de trabajo y que repercuten en la calidad de la toalla se determinaron posibles causas y los efectos que ellas tienen.

Es importante que estas causas se analicen detenidamente para determinar cuáles son las que, prioritariamente, se deben evitar y eliminar durante los procesos para disminuir la probabilidad de que los lotes sean de mala calidad.

Figura 27. Diagrama de causa y efecto para lotes mal teñidos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2016.

Al realizar el análisis del digrama de causa y efecto para lotes mal teñidos, se plantearon las causas principales de un mal teñido, entre estas se encuentra la falta de recursos para realizar el teñido los cuales son el combustible para que la caldera funcione y genere el vapor necesario para subir la temperatura del agua para teñir, los productos químicos, colorantes y la tela cruda. Cada uno de estos recursos son fundamentales. Los materiales son causas principales de un mal teñido. Esto se debe a que, al utilizar materias primas de baja calidad o defectuosas, influyen en la calidad del teñido. La maquinaria utilizada debe ser calibrada constantemente y aplicarles mantenimientos para su buen funcionamiento. La mano de obra esta relacionada con los métodos. Uno depende del otro, ya que los operarios encargados no realizan o realizan incorrectamente los procedimientos de muestreos, manejo de químicos y cálculo de las fórmulas.

5. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

5.1. Manual de calidad

El manual de calidad será muy útil para establecer la manera de actuar en las diferentes etapas por las que el producto pase y las responsabilidades de cada departamento. El manual proporcionará, de forma panorámica, toda la información del sistema de gestión de calidad. El manual de calidad deberá incluir el alcance y justificación del SGC, la política de calidad, los objetivos, procedimientos y sus interacciones.

Existen formatos, procedimientos y registros fundamentales que deben incluirse en el manual de calidad, entre ellos se encuentran la misión, visión, valores, y todos aquellos que se consideren de importancia y que contribuyan con la calidad, con la finalidad de eliminar y controlar fallas del proceso.

Cada procedimiento y registro debe contar con la información necesaria para un manejo fácil y ordenado. Todos los documentos deben ser de fácil comprensión para todo el personal de Industria Textil, S.A., clientes, proveedores y cualquier persona con acceso a dichos documentos.

Figura 28. **Encabezado de documentos**

	Elaborado por:	Fecha de Elaboración:	Código
	Aprobado por:	Fecha de Revisión:	
	Nombre del Documento		

Fuente: elaboración propia.

Levantado de procedimientos: es una de las partes más importantes para poder implementar el manual de calidad. Se debe detallar cada procedimiento de manera específica, así como la secuencia y relación de cada actividad, por lo cual se tendrá que recabar información mediante la observación.

Los encargados de las actividades y todos los que intervengan en ello deben revisar periódicamente todos los procedimientos e instructivos y la gerencia general debe aprobarlos. En el manual de calidad deben especificarse los siguientes puntos:

Descripción de la empresa (organigrama)

Alcance y justificación del SGC

Política de calidad

Objetivos

Procedimientos

Descripción de la interacción de los procesos

Figura 29. **Encabezado del manual de calidad**

	Elaborado por:	Fecha de Elaboración: MAYO 2016
	Aprobado por: G.G.	Fecha de Revisión: MAYO 2017
	MANUAL DE CALIDAD	

Fuente: elaboración propia.

5.2. Determinación de la muestra

El tamaño de la muestra se determina según el tamaño del lote, basados en la norma MIL-STD-414, nivel de inspección II.

El tamaño del lote es de 1 021 toallas. En la tabla VI se determina la letra código.

La letra código para un nivel de inspección II, es J. Con esta letra se determina el tamaño de la muestra utilizando la tabla VII.

El tamaño de la muestra debe ser de 35 unidades por lote.

Para la toma de datos y elaboración de los gráficos de control se realizará un total de 36 inspecciones formando subgrupos racionales de 4.

5.3. Implementación de gráficos de control

Al implementar los gráficos de control se tiene como objetivo mejorar la calidad. Se deben recabar los datos por medio de la hoja de control. Luego, se calculan los límites de control y los que se graficarán.

Las dos líneas de puntos son los límites de control superior e inferior. Los límites de control superior e inferior son auxiliares para juzgar el grado de variación que se produce en la calidad del producto. Estos límites suelen confundirse con los límites de la especificación es decir, los límites permisibles de una determinada característica del producto.

5.3.1. Prueba de peso

El objetivo de la gráfica de control de pesos es determinar si el proceso se encuentra bajo control o no, analizando la variabilidad del proceso y determinando si el producto cumple con las especificaciones del cliente.

La gráfica de control es una fuente informativa. Es útil para analizar las acciones que se deben tomar en caso de que el producto no cumpla con el peso establecido por el cliente, y decidir los cambios que se deben realizar en el proceso, ya sea analizando el producto en crudo y determinando que este no cumple las especificaciones o bien ajustando el proceso de teñido y secado. También se debe considerar la humedad relativa del ambiente donde se midió este parámetro ya que esta puede no ser la adecuada.

Tabla XV. Hoja de control de peso

INDUSTRIA TEXTIL, S.A. HOJA DE CONTROL DE PESOS							
		Máquina: SCHOLL	Línea: Dundee			Dundee	
		Material: Algodón 100 %	Código: 104			104	
		Artículo: Toalla					
Núm. Lote	Núm. de subgrupo	MEDICIONES				PROMEDIO	RANGO
		X1	X2	X3	X4	X	R
1	1	465	469	455	465	463,5	14
	2	446	456	425	428	438,8	31
	3	427	446	444	438	438,8	19
	4	436	434	430	426	431,5	10
	5	441	440	433	442	439,0	9
	6	434	448	439	428	437,3	20
	7	425	437	441	442	436,3	17
	8	445	438	434	433	437,5	12
2	9	439	432	438	430	434,8	9
	10	432	436	443	432	435,8	11
	11	432	443	433	440	437,0	11
	12	451	468	443	466	457,0	25
	13	435	444	444	435	439,5	9
	14	460	429	433	438	440,0	31
	15	440	435	439	456	442,5	21
	16	448	439	437	434	439,5	14
	17	427	446	444	442	439,8	19
	18	435	436	456	452	444,8	21
3	19	449	441	444	441	443,8	8
	20	442	464	458	423	446,8	41
	21	423	432	430	419	426,0	13
	22	423	418	413	421	418,8	10
	23	422	413	434	416	421,3	21
	24	442	435	416	433	431,5	26
	25	428	430	431	436	431,3	8
	26	449	441	445	465	450,0	24
	27	453	453	469	466	460,3	16
SUMA						11 862,5	470

Fuente: elaboración propia.

Con los datos recabados se calculan los límites de control para la gráfica de promedios y la gráfica de rangos. Al realizar los cálculos se grafica.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{11862,5}{27} = 439,35 \text{ g}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{470}{27} = 17,41 \text{ g}$$

Límites de control para el gráfico de promedios:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 439,35 + (0,729)(17,41)$$

$$UCL_{\bar{x}} = 452,04 \text{ g}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 439,35 - (0,729)(17,41)$$

$$LCL_{\bar{x}} = 426,66 \text{ g}$$

Límites de control para el gráfico R:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

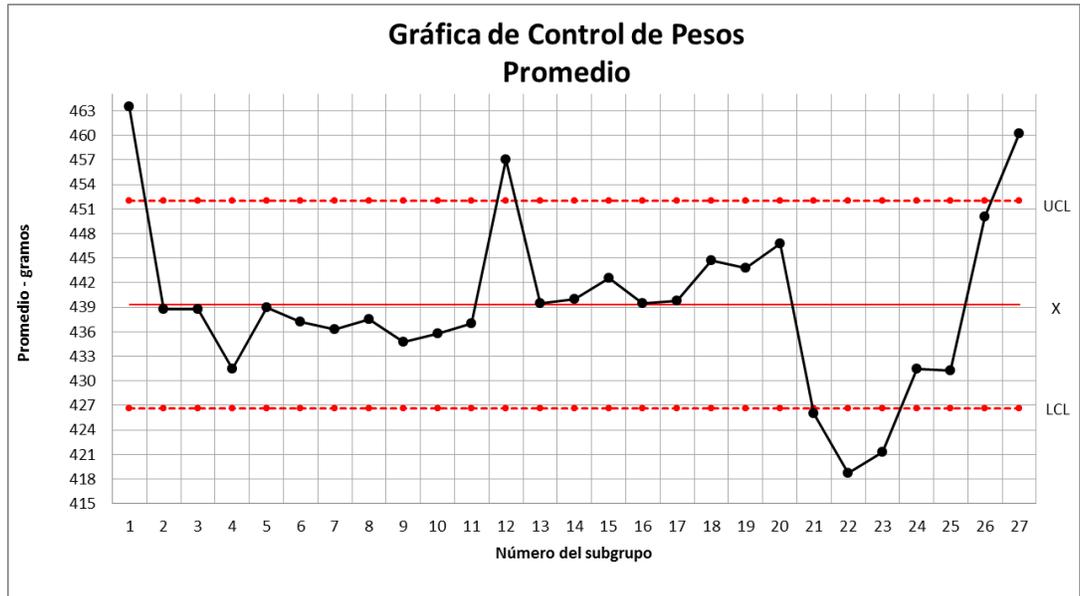
$$UCL_R = 2,282 * 17,41$$

$$UCL_R = 39,73 \text{ g}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

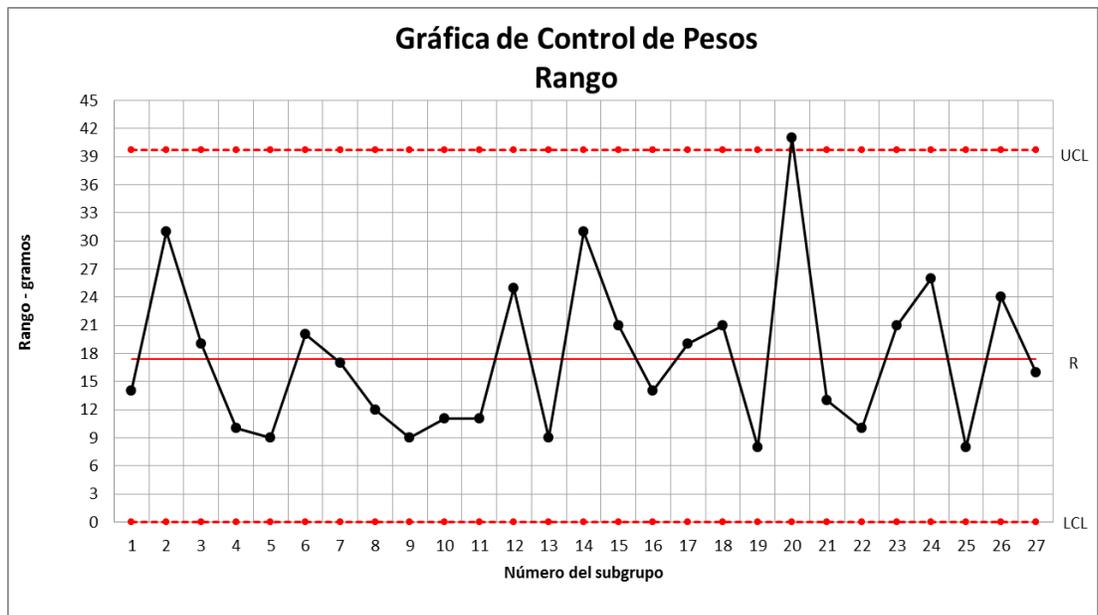
$$LCL_R = 0$$

Figura 30. Gráfico de control de peso \bar{x}



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 31. Gráfico de control de peso R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

5.3.2. Pruebas de anchos

El objetivo de la gráfica de control de anchos es determinar si el proceso se encuentra bajo control o no, analizando la variabilidad del proceso y determinando si el producto cumple con las especificaciones del cliente.

La gráfica de control es una fuente informativa la cual es útil para analizar las acciones que se deben tomar si el producto es más ancho o más angosto de lo especificado por el cliente, y decir qué cambios realizar en el proceso.

Figura 32. Hoja de control de anchos

INDUSTRIA TEXTIL, S.A. HOJA DE CONTROL DE ANCHOS							
Máquina: SCHOLL		Línea: Dundee				Dundee	
Material: Algodón 100 %		Código: 104				104	
Artículo: Toalla							
Núm. Lote	Núm. de subgrupo	MEDICIONES				PROMEDIO	RANGO
		X1	X2	X3	X4	X	R
1	1	30	30,5	31,5	30	30,5	1,5
	2	30	30,5	29,5	29,5	29,5	1
	3	30	30	31	30	30,3	1
	4	30,5	30	30,25	30	30,2	0,5
	5	30,5	31,25	31,25	31	31,0	0,75
	6	31	31	31,25	30	30,8	1,25
	7	31	31	29,75	30	30,4	1,25
	8	31	30,5	30	30,5	30,5	1
2	9	31	31	29,75	30	30,4	1,25
	10	31	31	29,5	31	30,6	1,5
	11	29,5	30,75	29,75	30	30,0	1,25
	12	31,25	30	30	30	30,3	1,25
	13	30,75	30	30,75	31	30,6	1
	14	31,5	30,25	31	30,25	30,8	1,25
	15	29,5	30	30	29,75	29,8	0,5
	16	30	30	30,5	30,25	30,2	0,5
	17	30,5	30	30,75	30,5	30,4	0,75
	18	30,5	30	31	30,5	30,5	1
3	19	30	31	29,75	29,5	30,1	1,5
	20	31	31,25	31	31	31,1	0,25
	21	30	30	30	29,5	29,9	0,5
	22	30	30	30,25	30	30,1	0,25
	23	30	30	30,25	30	30,1	0,25
	24	30,25	30,5	30,5	30	30,3	0,5
	25	30,25	30	30,5	30,75	30,4	0,75
	26	30,75	30,5	31,5	29,75	30,6	1,75
	27	30	30,25	31	30,25	30,4	1
SUMA						820,1	25,25

Fuente: elaboración propia.

Con los datos recabados se calculan los límites de control para la gráfica de promedios y la gráfica de rangos. Al realizar los cálculos se grafica.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g}$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{820,10}{27} = 30,374 \text{ pulg.}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{25,25}{27} = 0,935 \text{ pulg.}$$

Límites de control para el gráfico de promedios:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 30,374 + (0,729)(0,935)$$

$$UCL_{\bar{x}} = 31,056 \text{ pulg.}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 30,374 - (0,729)(0,935)$$

$$LCL_{\bar{x}} = 29,692 \text{ pulg.}$$

Límites de control para el gráfico R:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

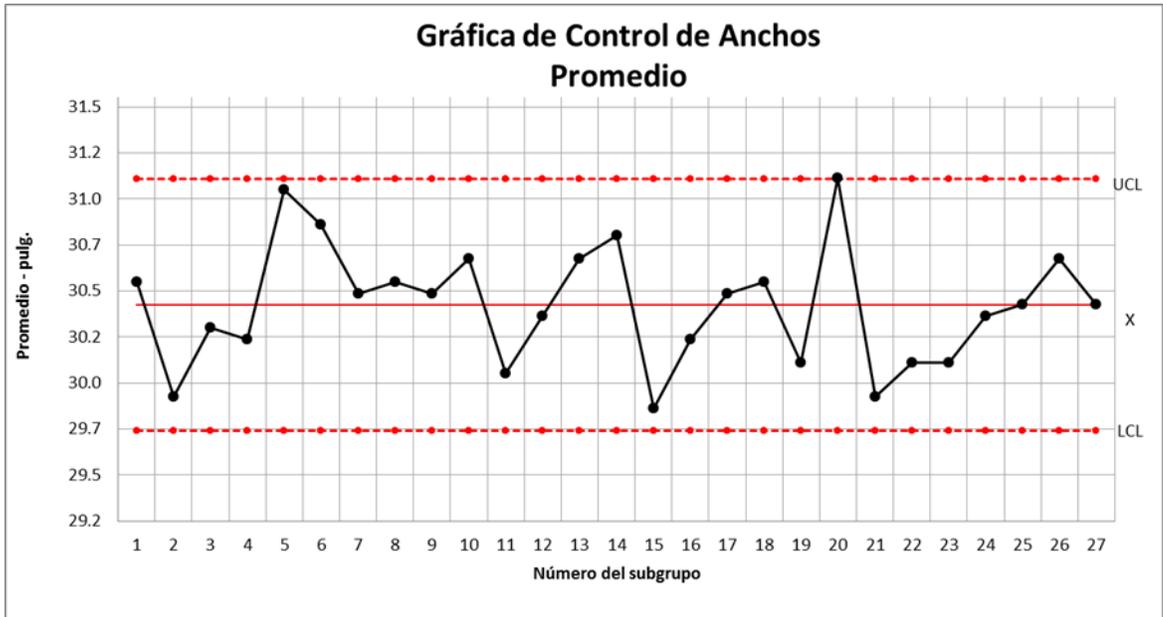
$$UCL_R = 2,282 * 0,935$$

$$UCL_R = 2,134 \text{ pulg.}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

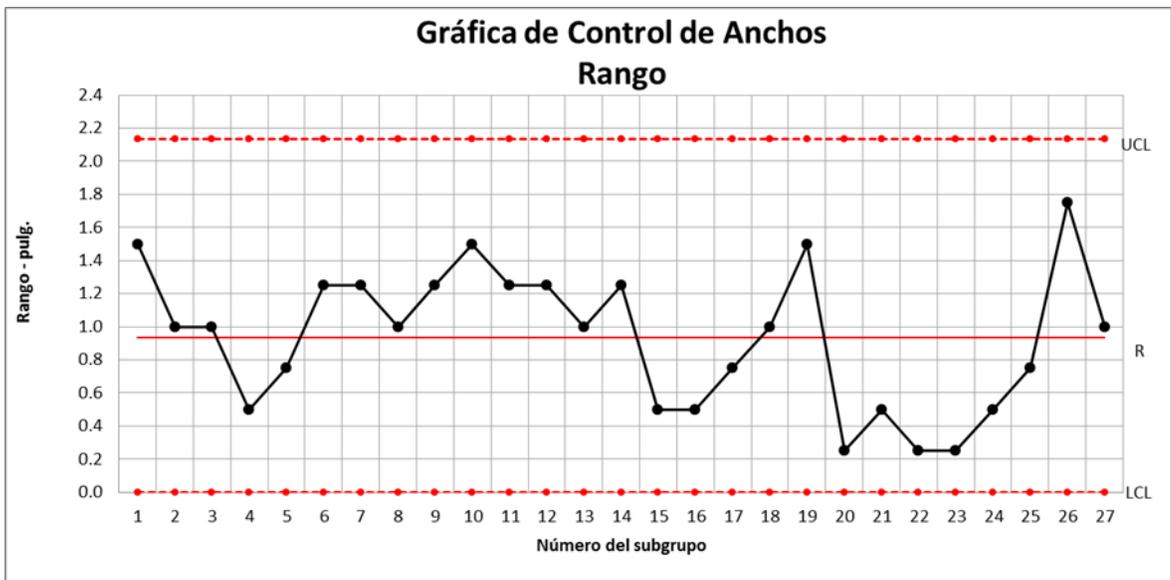
$$LCL_R = 0$$

Figura 33. Gráfico de control de anchos \bar{x}



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 34. Gráfico de control de anchos R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

5.3.3. Prueba de encogimiento

El objetivo de la gráfica de control de encogimiento es el determinar si el proceso se encuentra bajo control o no, analizando la variabilidad del proceso y determinando si la principal materia prima que es la tela cruda cumple con las especificaciones necesarias para que el producto final cumpla con las medidas y pesos.

Tabla XVI. Hoja de control de encogimiento para ancho

INDUSTRIA TEXTIL, S.A.		HOJA DE CONTROL DE ENCOGIMIENTO DE ANCHOS					
		Máquina: SCHOLL	Línea: Dundee		104		
		Material: Algodón 100 %	Código:				
		Artículo: Toalla					
Núm. Lote	Núm. de subgrupo	MEDICIONES				PROMEDIO	RANGO
		X1	X2	X3	X4	X	R
1	1	9	8,5	8,2	8,7	8,6	0,8
	2	7,5	7,5	8,7	8,4	8,0	1,2
	3	7,7	7,2	8	8,3	7,8	1,1
	4	7,5	8,5	7,9	8	8,0	1
	5	9,2	9,5	8,2	8,7	8,9	1,3
	6	7,5	7,5	7,8	7,4	7,6	0,4
	7	8,5	9	8,9	8,3	8,7	0,7
	8	8	8,5	7,9	8	8,1	0,6
2	9	8,3	8,5	9	8,3	8,5	0,7
	10	7,8	7,6	8	7,5	7,7	0,5
	11	7,5	7,9	7,9	7,5	7,7	0,4
	12	7	7,2	6,8	7,2	7,1	0,4
	13	7,5	7,7	7,9	8	7,8	0,5
	14	7,8	7,5	7,5	7,5	7,6	0,3
	15	8	8,2	8	8,5	8,2	0,5
	16	8,5	9	8,9	8,3	8,7	0,7
	17	8	7,9	7,5	8	7,9	0,5
	18	8,3	8	8,5	8	8,2	0,5
3	19	8	8,2	8	8	8,1	0,2
	20	7,8	7,5	7,5	7,5	7,6	0,3
	21	7,5	8,5	7,9	8	8,0	1
	22	8	8,5	8,5	8	8,3	0,5
	23	7,7	7,6	8	8,2	7,9	0,6
	24	7,9	7,5	7	7,5	7,5	0,9
	25	6,8	7	7,3	7	7,0	0,5
	26	7,5	7	6,5	6,9	7,0	1
	27	7,9	7,8	7,5	7,5	7,7	0,4
SUMA					213,8	17,5	

Fuente: elaboración propia.

Con los datos recabados se calculan los límites de control para la gráfica de promedios y la gráfica de rangos. Al realizar los cálculos se grafica.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{213,8}{27} = 7,92 \%$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{17,5}{27} = 0,65 \%$$

Límites de control para el gráfico de promedios:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 7,92 + (0,729)(0,65)$$

$$UCL_{\bar{x}} = 8,39 \%$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 7,92 - (0,729)(0,65)$$

$$LCL_{\bar{x}} = 7,45 \%$$

Límites de control para el gráfico R:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

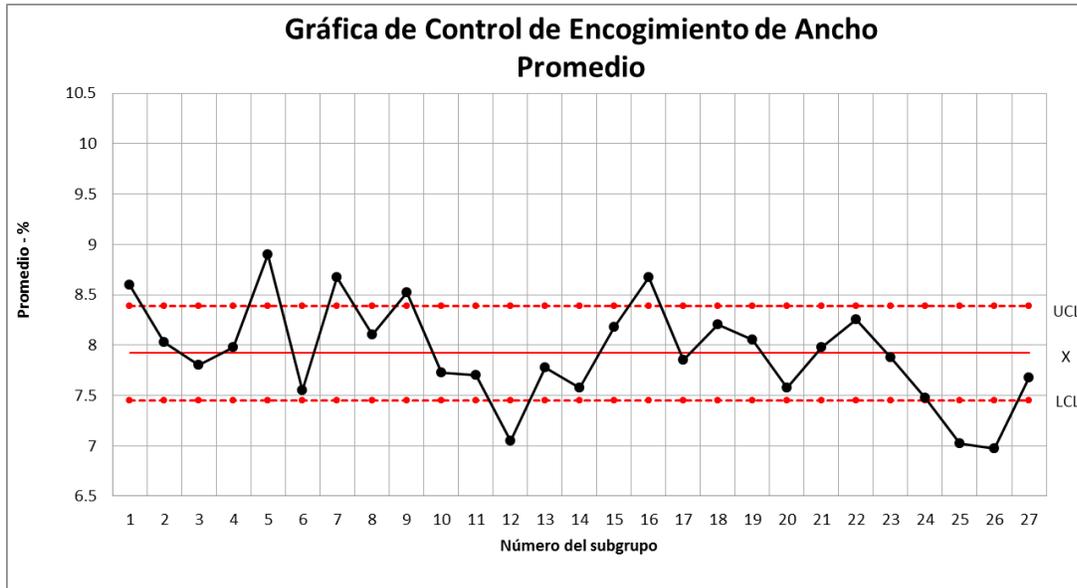
$$UCL_R = 2,282 * 0,65$$

$$UCL_R = 1,48 \%$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

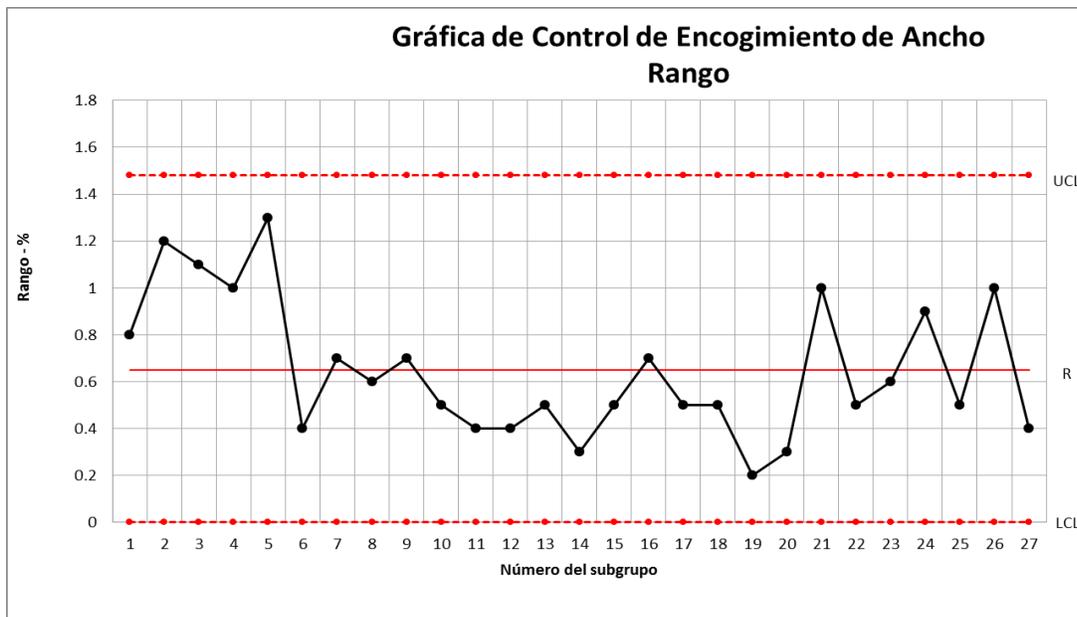
$$LCL_R = 0$$

Figura 35. Gráfico de control de encogimiento de ancho \bar{x}



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 36. Gráfico de control de encogimiento de ancho R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Tabla XVII. Hoja de control de encogimiento para largo

INDUSTRIA TEXTIL, S.A.		HOJA DE CONTROL DE ENCOGIMIENTO DE LARGOS				 <small>Cobren más... secan más</small>	
		Máquina: SCHOLL	Línea: Dundee		104		
		Material: Algodón 100 %	Código:				
		Artículo: Toalla					
Núm. Lote	Núm. de subgrupo	MEDICIONES				PROMEDIO	RANGO
		X1	X2	X3	X4	X	R
1	1	11,2	11,5	11	11,2	11,2	0,5
	2	11,5	11,5	11,8	11,6	11,6	0,3
	3	11,2	11,5	11,5	11,9	11,5	0,7
	4	11,7	11,5	11,5	11,5	11,6	0,2
	5	11,9	11,7	11,9	11,6	11,8	0,3
	6	11,5	11,9	12	11,5	11,7	0,5
	7	10,9	11	11,2	11	11,0	0,3
	8	10	10,5	11	11,2	10,7	1,2
2	9	10,8	11,2	11	11,5	11,1	0,7
	10	8,9	9	9,5	9	9,1	0,6
	11	9,5	9,9	9	9,5	9,5	0,9
	12	11	11,2	10,9	11	11,0	0,3
	13	11,5	12	12,1	11,9	11,9	0,6
	14	10,9	11,3	11,5	11,5	11,3	0,6
	15	11	10,9	11,5	11,5	11,2	0,6
	16	9,9	10,2	10	10,5	10,2	0,6
	17	11,5	11,5	11,9	11,2	11,5	0,7
	18	10,9	11,2	11,5	11	11,2	0,6
3	19	13	12,5	12,5	12,7	12,7	0,5
	20	11,9	12,1	12	11,7	11,9	0,4
	21	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	0
	22	11,9	11,7	11,9	11,5	11,8	0,4
	23	11,5	11,9	12,1	11,5	11,8	0,6
	24	10,7	11	10,9	11	10,9	0,3
	25	11,2	11,7	11	11,3	11,3	0,7
	26	10,9	11,2	11	11,4	11,1	0,5
	27	11,5	11,3	11	10,9	11,2	0,6
SUMA					303,2	14,2	

Fuente: elaboración propia.

Con los datos recabados se calculan los límites de control para la gráfica de promedios y la gráfica de rangos. Al realizar los cálculos se grafica.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g}$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{305,5}{27} = 11,31 \%$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{14,5}{27} = 0,54 \%$$

Límites de control para el gráfico de promedios:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 11,31 + (0,729)(0,54)$$

$$UCL_{\bar{x}} = 11,70 \%$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 11,31 - (0,729)(0,54)$$

$$LCL_{\bar{x}} = 10,92 \%$$

Límites de control para el gráfico R:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

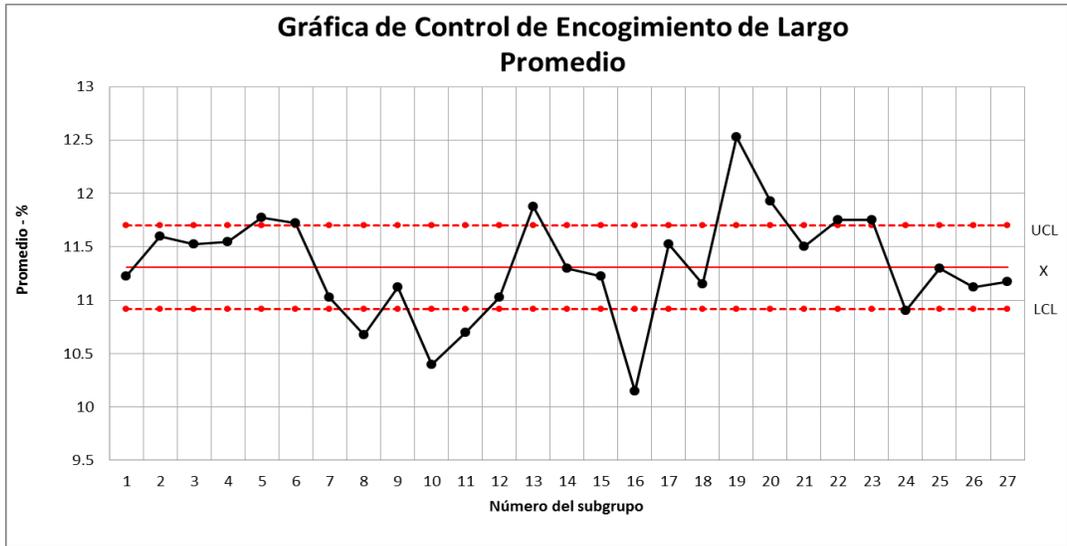
$$UCL_R = 2,282 * 0,54$$

$$UCL_R = 1,23 \%$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

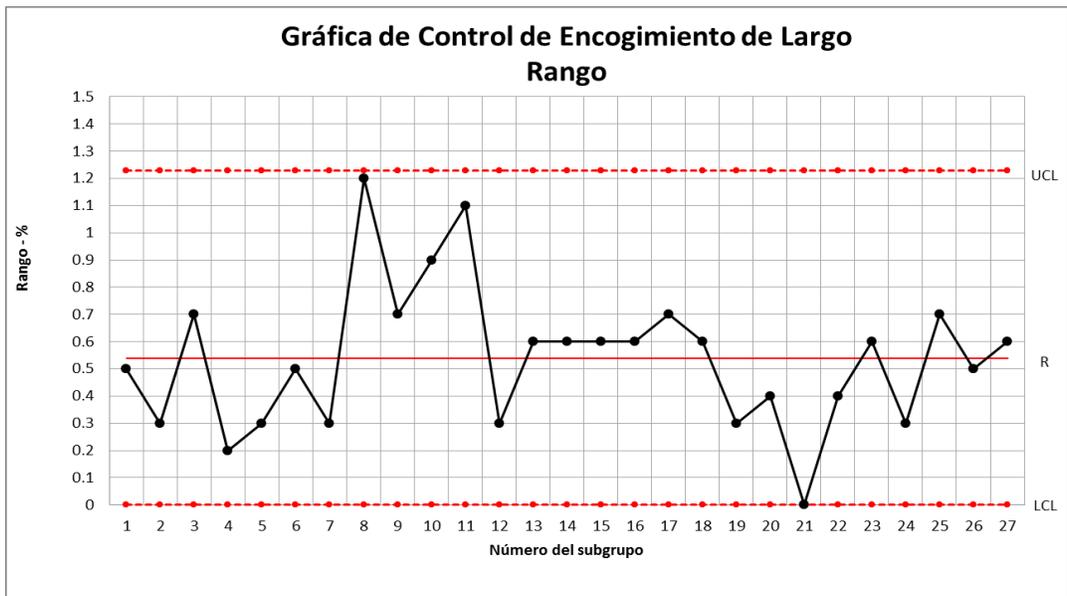
$$LCL_R = 0$$

Figura 37. Gráfico de control de encogimiento de largo \bar{x}



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 38. Gráfico de control de encogimiento de largo R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

5.3.4. Control de tonos

El objetivo de esta gráfica es analizar la variabilidad del proceso y determinar si el tono de la tela se encuentra dentro de las especificaciones del cliente. Al analizar esta gráfica se decide si se debe cambiar alguna variable en el teñido, tomando en consideración si las muestras son de los mismos rollos de tela cruda y cualquier otro factor que pueda alterar el color.

Tabla XVIII. Hoja de control de tonos

INDUSTRIA TEXTIL, S.A. HOJA DE CONTROL DE TONOS							
		Máquina: SCHOLL	Línea: Dundee			Dundee	
		Material: Algodón 100 %	Código:			104	
		Artículo: Toalla					
Núm. Lote	Núm. de subgrupo	MEDICIONES				PROMEDIO	RANGO
		X1	X2	X3	X4	X	R
1	1	0	0	0	0	0,0	0
	2	1	0	0	1	0,5	1
	3	1	2	2	2	1,8	1
	4	0	0	0	0	0,0	0
	5	0	0	0	0	0,0	0
	6	2	3	2	2	2,3	1
	7	3	3	2	2	2,5	1
	8	1	1	1	1	1,0	0
2	9	3	3	3	3	3,0	0
	10	0	0	0	0	0,0	0
	11	3	3	1	1	2,0	2
	12	0	0	1	1	0,5	1
	13	3	2	3	1	2,3	2
	14	1	1	1	1	1,0	0
	15	0	2	0	2	1,0	2
	16	2	2	1	1	1,5	1
	17	1	3	3	1	2,0	2
	18	1	1	1	1	1,0	0
3	19	0	0	1	1	0,5	1
	20	2	2	2	2	2,0	0
	21	3	2	2	2	2,3	1
	22	1	1	2	1	1,3	1
	23	2	2	2	2	2,0	0
	24	3	2	3	3	2,8	1
	25	0	0	1	0	0,3	1
	26	1	1	3	3	2,0	2
	27	0	0	0	0	0,0	0
SUMA					35,3	21,0	

Fuente: elaboración propia.

Con los datos recabados se calculan los límites de control para la gráfica de promedios y la gráfica de rangos. Al realizar los cálculos se grafica.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{35,3}{27} = 1,3$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{21}{27} = 0,8$$

Límites de control para el gráfico de promedios:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 1,3 + (0,729)(0,8)$$

$$UCL_{\bar{x}} = 1,9$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 1,3 - (0,729)(0,8)$$

$$LCL_{\bar{x}} = 0,7$$

Límites de control para el gráfico R:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

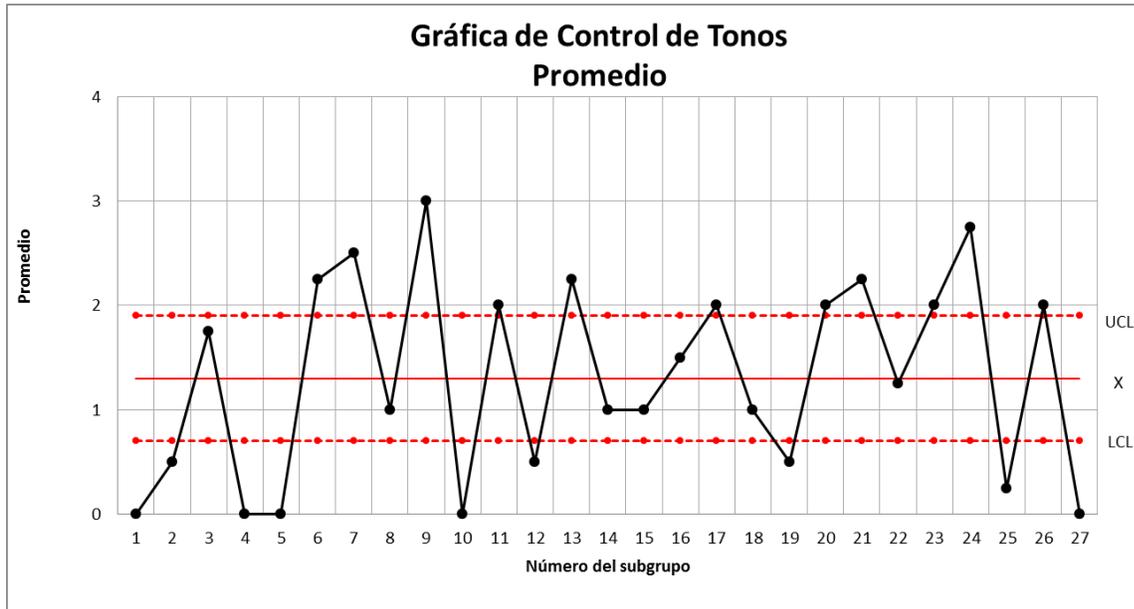
$$UCL_R = 2,282 * 0,8$$

$$UCL_R = 1,8$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

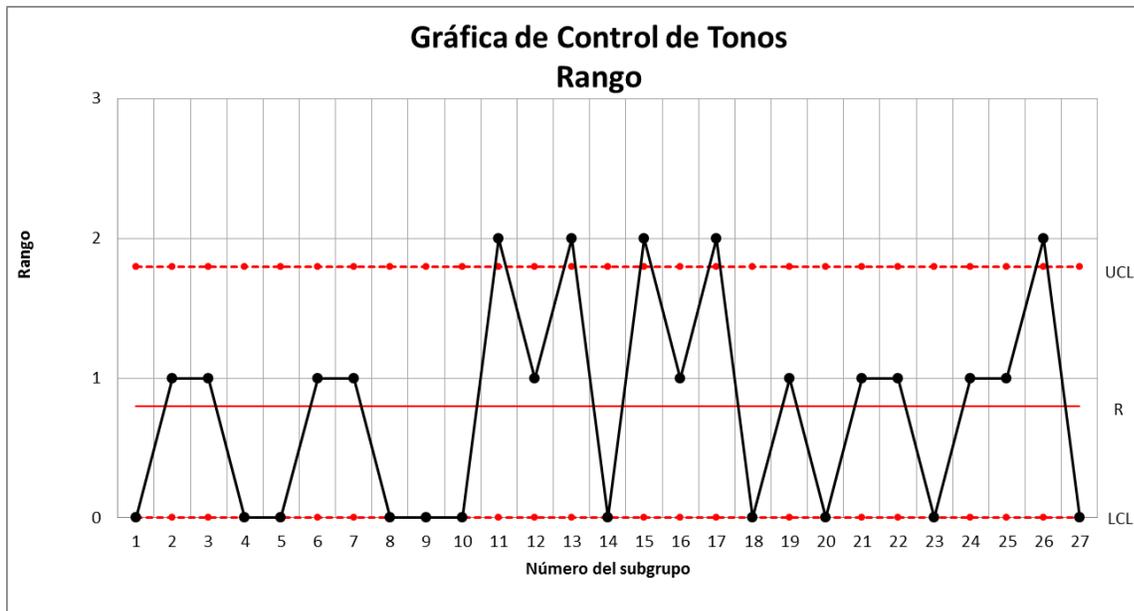
$$LCL_R = 0$$

Figura 39. Gráfico de control de tonos \bar{x}



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 40. Gráfico de control de tonos R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

5.3.5. Inspección de tela

El objetivo de esta gráfica es analizar la variabilidad del proceso, determinando una puntuación según los defectos encontrados a lo largo de la tela, defectos que conllevan la clasificación de la tela como de segunda calidad por lo tanto, no cumplirían con las especificaciones del cliente.

Al realizar el análisis de esta gráfica se podrá determinar qué medidas tomar en el proceso o bien determinar si los problemas son a causa de la tela en crudo y tomar acciones correctivas con los proveedores.

En el caso de la inspección de tela se tomarán rollos de toalla completos es decir, no se tomaran toallas individuales como en las pruebas anteriores.

Cada lote está conformado por 1 000 lbs. de toalla, y los rollos de toalla de playa 104, pesan un aproximado de 125 lbs. por lo que se tienen un total de 8 rollos de los cuales se tomarán de muestra el 10 %.

Tabla XIX. **Hoja de control para inspección de tela**

INDUSTRIA TEXTIL, S.A. HOJA DE CONTROL INSPECCIÓN DE TELA				
Máquina: SCHOLL		Línea: Dundee		
Material: Algodón 100 %		Código: 104		
Artículo: Toalla				
Núm. de subgrupo	MEDICIONES		PROMEDIO	RANGO
	X1	X2	X	R
1	12	5	8,5	7
2	2	15	8,5	13
3	25	34	29,5	9
4	20	8	14,0	12
5	55	43	49,0	12
6	11	37	24,0	26
7	15	4	9,5	11
8	1	0	0,5	1
9	60	54	57,0	6
10	14	12	13,0	2
11	30	35	32,5	5
12	23	32	27,5	9
13	47	30	38,5	17
14	32	13	22,5	19
15	44	50	47,0	6
16	49	12	30,5	37
17	2	1	1,5	1
18	9	7	8,0	2
19	31	20	25,5	11
20	10	0	5,0	10
21	45	15	30,0	30
22	3	11	7,0	8
23	58	17	37,5	41
24	7	19	13,0	12
25	10	7	8,5	3
SUMA			548,0	310,0

Fuente: elaboración propia.

Con los datos recabados se calculan los límites de control para la gráfica de promedios y la gráfica de rangos. Al realizar los cálculos se grafica.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{x}_i}{g}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{548}{25} = 21,92 \text{ puntos}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$$

$$\bar{R} = \frac{310}{25} = 12,4 \text{ puntos}$$

Límites de control para el gráfico de promedios:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 21,92 + (1,88)(12,4)$$

$$UCL_{\bar{x}} = 45,23 \text{ puntos}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 21,92 - (1,88)(12,4)$$

$$LCL_{\bar{x}} = -1,392 \approx 0$$

Límites de control para el gráfico R:

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

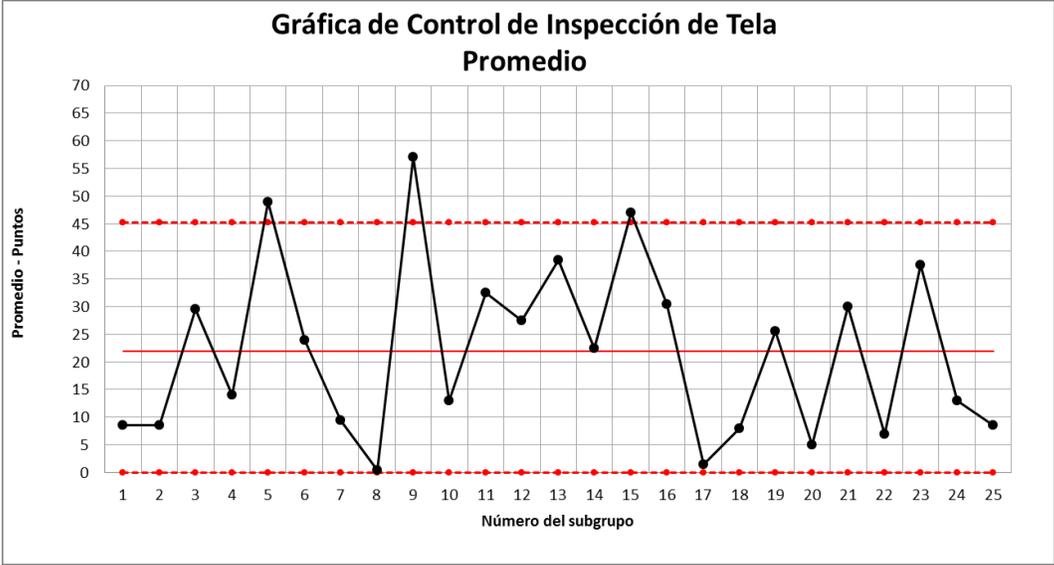
$$UCL_R = 3,267 * 12,4$$

$$UCL_R = 40,51 \text{ puntos}$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

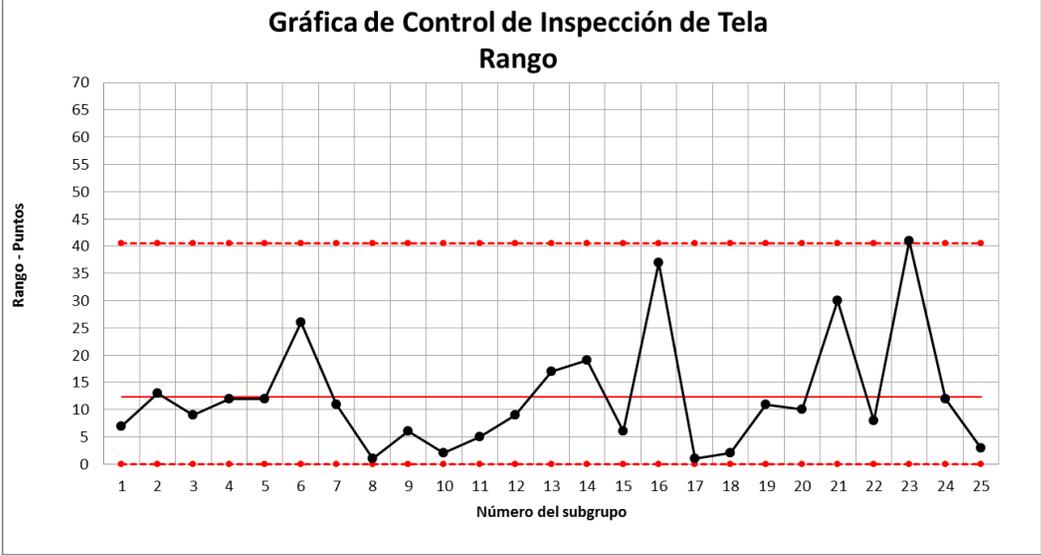
$$LCL_R = 0$$

Figura 41. Gráfico de control para inspección de tela \bar{x}



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

Figura 42. Gráfico de control para inspección de tela R



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

5.4. Análisis de resultados de la medición del control de calidad

- Prueba de peso

Para las pruebas de peso se obtuvieron muestras de tres lotes de toallas tamaño playa calidad 104, realizando un total de 36 inspecciones por lote.

Al analizar la gráfica R, se observa el 96,33 % de los datos bajo control mientras que existe un punto fuera de control, por lo que se deben realizar las averiguaciones correspondientes para saber si tiene una causa atribuible.

En la gráfica de promedio de control de peso el 77,78 % de los datos se encuentran dentro de los límites de control, el 22,22 % lo constituyen puntos fuera de control. Al revisar las muestras se detectó que el problema en el lote núm. 3 es atribuible a la tela en crudo ya que en las cuerdas de teñido se colocaron rollos que estaban tejidos con un título diferente de hilo; mientras que los puntos fuera de control núm. 1 y 12, son atribuibles a causas fortuitas y forman parte de la variación natural.

- Prueba de anchos

Al analizar la gráfica R, se observa que el proceso se encuentra bajo control.

En la gráfica de promedio de control de anchos se observa que el dato núm. 20 se encuentra fuera de control, pero se atribuye a causas fortuitas, siendo el 96.3 % de los datos que se encuentran bajo control.

Sin embargo, al analizar el patrón de las gráficas puede determinarse que existe una condición fuera de control ya que se detectan cambios de nivel o saltos, estos cambios se pueden deber a las siguientes situaciones:

- Una modificación en el proceso
- Materia prima distinta
- Operario nuevo

Por lo que se debe de prestar atención a cada una de estas situaciones para que el proceso sea estable.

Se deben evaluar los procesos determinando si las tensiones a las que está siendo sometida la tela varían, o bien evaluar las medidas de la materia prima y el hilo con el que está tejido, así mismo debe de verificarse que el operario esté realizando las pruebas según lo establecido.

Las especificaciones del cliente son de una tolerancia de $\pm 3\%$, por lo que si se realiza un análisis se puede determinar que el 92,6 % de los datos se encuentra dentro de los límites, por lo que también es aceptable.

- Prueba de encogimiento

La gráfica R de encogimiento de ancho muestra todos los datos dentro de los límites de control, quiere decir que el proceso es estable.

En la gráfica de promedio de encogimiento de ancho, puede observarse que el 70,37 % de los datos se encuentran dentro de los límites de control, y el 29,63 % se encuentran fuera de los límites de control, pero al analizar el patrón de la gráfica puede observarse que son muchos los puntos que se encuentran cerca de los límites de control, esto quiere decir que existe una condición fuera de control, tales como la varianza en la calidad de la materia prima, para este caso la toalla en crudo es la que presenta estas irregularidades, también puede deberse a que la prueba se realizara en alguna máquina distinta o se cambiaron los parámetros del ciclo de lavado.

La gráfica R de encogimiento de largo, muestra saltos de nivel, por lo que existe una condición fuera de control, aunque los datos se encuentren todos dentro de los límites de control deben analizarse todas las posibles causas por las que se presentan estos datos tan variables.

La gráfica de promedio de encogimiento de largo, presenta únicamente el 59,26 % de los datos dentro de los límites de control, puede observarse que el patrón es muy variable, deben evaluarse los rollos de toalla cruda y las condiciones de lavado con las que se realizan las pruebas.

- Control de tonos

Las gráficas de promedio y rango para el control de tonos se realizaron basadas en los cálculos para los límites superior e inferior, según la media, sin embargo, para fines de interpretación y análisis de aceptación y rechazo se toma en cuenta lo establecido por la empresa, donde todos los datos mayores de 2 se rechazan.

La gráfica de promedio presenta el 40,7 % de los datos se encuentran fuera del límite superior, mientras que en la gráfica de R un 18,5 % de los datos se encuentran fuera de los límites, por lo que se deben tomar acciones para determinar los factores que intervienen en el tono de las toallas. Se deberán analizar los rollos que conforman las cuerdas de teñido, ya que el problema de diferencia de tonalidades puede ser provocado por un título diferente de hilo, así como la utilización de hilo cremoso, y crudo al mismo tiempo. También debe verificarse que no se hayan tomado muestras de diferentes calidades de toallas, y durante el proceso debe observarse que ninguna de las tiras se quede trabada.

- Inspección de tela

La gráfica de R muestra todos los datos dentro de los límites de control, significa que el proceso está bajo control, pero al observar el patrón del gráfico se puede determinar que existe una situación fuera de control por lo que debe analizarse a que se deben los saltos de los datos.

En la gráfica de promedio de control de encogimiento el 88,89 % de los datos se encuentran dentro de los límites de control, el 11,11 % lo constituyen puntos fuera de control. Puede observarse que el comportamiento de la gráfica presenta varios saltos. Debe de prestarse mayor atención a los siguientes factores:

Fallos de tejeduría

Maquinaria

Proceso de teñido y corte

5.5. Análisis de costos de calidad

Al conocer el comportamiento de los costos de calidad dentro de la empresa Industria Textil, S.A., se puede saber cuáles son las áreas donde se deben hacer mejoras para impedir que estos costos se aumenten y por ende ocasionar un costo de producción más alto.

En general, los productos que no cumplen con las especificaciones se envían y se espera a que el cliente realice la queja con respecto al servicio o a las características propias del producto.

Es importante que la gerencia autorice que se recopilen datos sobre los costos de calidad en los departamentos. Con este propósito, se deben

identificar y clasificar los costos de calidad y utilizarlos como guía para iniciar la conformación del sistema que medirá los costos.

Los costos de calidad se refieren a los generados por la obtención y aseguramiento de un nivel satisfactorio y las pérdidas producidas cuando esto no se obtiene.

Determinar los costos de calidad es importante para la empresa que desea una gestión efectiva. De esta manera, minimizarán los reprocesos, las mermas, devoluciones y quejas de los clientes, entre otros.

En la empresa Industria Textil, S.A., los costos de calidad se clasifican y subdividen de la siguiente manera:

- Costos de prevención
 - Diseño y rediseños de los productos
 - Desarrollo de procesos
 - Revisión del proceso
 - Capacitación del personal

Administración de la calidad: elaboración de manuales y procedimientos, monitoreo del plan de calidad, realización de informes, actualización de los registros de calidad.

Auditorías: materiales y equipo para las inspecciones

Mantenimiento preventivo

Evaluación y selección de proveedores

- Costos de evaluación
 - Inspección de materia prima

- Inspección de producción en proceso
- Inspección del producto terminado
- Material para muestras
- Evaluación de los procesos
- Evaluación del personal
- Costos del departamento o aseguramiento de calidad
- Inspección de empaques

- Costos por fallas internas
 - Desperdicios de materia prima
 - Desperdicios de otros materiales
 - Materiales defectuosos
 - Fallas de operación
 - Operación inadecuada
 - Tiempos improductivos
 - Incumplimiento de programas
 - Reinspección
 - Retrabajo
 - Fallas en el transporte
 - Fallas en la entrega

- Costos por fallas externas
 - Fallas en la programación de la producción
 - Almacenamientos de productos terminados
 - Ventas perdidas (relacionadas con el desempeño)
 - Descuentos concedidos por defectos
 - Gastos por devoluciones
 - Tramitación de quejas y reclamos

La manera de actuar de la empresa debe ser orientada a reducir los costos tomando en consideración aspectos como invertir en actividades de prevención y evaluación y tomar acciones inmediatas sobre los fallos.

5.6. Realización de reportes de calidad

Los reportes de calidad ayudan a evaluar el sistema actual de control, asegurando la calidad del producto y de los procesos. Estos reportes deberán ser documentados e ingresados en una base de datos. También debe imprimirse para la verificación de los resultados.

Todos los resultados de las pruebas se deben analizar y presentar según lo defina el gerente de producción. Semanalmente, se realiza una reunión para planificar la producción en la cual se deberán discutir los resultados de las pruebas de calidad, para discutir las acciones preventivas y correctivas que deberán tomarse.

Estos reportes proporcionarán también una base de datos históricos para comparar los gráficos de control y analizar si se ha mejorado la calidad del producto.

Los datos que debe incluir este reporte son:

Fecha del día de la toma de datos

Calidad de la toalla

Tamaño de la toalla

Máquina de donde se toma la muestra

Color de la toalla

Los resultados de calidad de las siguientes pruebas:

Pruebas de peso

Pruebas de ancho

Pruebas de encogimiento

Pruebas de control de tonos

Pruebas de inspección de tela

Así mismo debe de realizarse un análisis de los gráficos de control.

CONCLUSIONES

1. Al analizar las etapas de fabricación de toallas de algodón se determinó que las áreas de teñido, costura y empaque son las más importantes. Cada una de ellas, involucra operaciones que influyen en la calidad del producto. Por esta razón, para cada una de las estaciones de trabajo se establecieron estándares y parámetros que deberán controlarse constantemente para mejorar la calidad del producto.
2. La evaluación de la situación actual de Industria Textil, S.A., evidencia que el proceso de fabricación de toallas de algodón presenta deficiencias, como las materias primas que intervienen en el área de teñido no se prueban antes de comprarlas y utilizarlas. Los proveedores son elegidos por sus costos y no por la calidad del producto. Durante el proceso de teñido los parámetros de pH, dureza del agua, temperatura y tiempo no son periódicamente evaluados por el encargado y por los operarios, esto genera problemas con el tono del color de las toallas. La toma de decisiones para acciones correctivas y preventivas se realizan de manera arbitraria, lo cual aumenta el riesgo de entregar al cliente un producto que no cumple con sus especificaciones.
3. Se determinaron tres puntos críticos en el proceso de fabricación de toallas de algodón. El primero es la inspección de rollos de tela cruda. Al verificar este punto crítico se disminuirán las probabilidades de tonalidades diferentes a lo largo de la tela en un mismo teñido. El segundo punto crítico corresponde al proceso de teñido ya que en este interfieren varios parámetros necesarios para la correcta absorción de los

diferentes productos químicos y colorantes. El tercer punto crítico es la inspección de plegado de la tela antes de secar, ya que el proceso de secado se considera el cuello de botella de la producción y si se deja pasar un lote defectuoso que necesita ser reprocesado se disminuye la eficiencia y se incrementa el costo de producción. En cada uno de los puntos críticos se establecieron estándares para garantizar la calidad del producto.

4. Se establecieron los criterios de aceptación y rechazo del producto, correspondientes a las pruebas de calidad de peso, ancho, encogimiento, control de tonos e inspección de tela, estos parámetros fueron definidos por el jefe de producción en base a los resultados obtenidos en las pruebas de calidad. Sin embargo estos criterios pueden variar según los defina el cliente.
5. Se determinaron los métodos estadísticos más adecuados para el control de calidad del producto, entre ellos están: el diagrama de Pareto, con el cual se identificó que el mayor problema de calidad que presentan las toallas son a causa de fallos de tejeduría, con el diagrama de causa y efecto se analizaron los diferentes factores que inciden en el mal teñido de la tela, y por último se utilizaron gráficos de control para determinar si los productos cumplen con las especificaciones y conocer la variación que existe en el comportamiento de los datos y así tomar decisiones en base a ellos.

RECOMENDACIONES

1. El control de calidad debe ser un enfoque basado en la prevención y no corrección, para disminuir los costos de reprocesos, pérdidas de clientes, devoluciones, entre otros.
2. Las pruebas de calidad se deben realizar constantemente para mejorar la calidad del producto. Con estas pruebas se determinarán específicamente los problemas que afectan esa calidad y se planificarán acciones que disminuyan los problemas o bien los eliminen. Las pruebas de calidad tomarán en consideración las condiciones del ambiente ideales para que los datos sean correctos e iguales de una toma a otra.
3. Los criterios de aceptación y rechazo deben establecerse de acuerdo con las especificaciones del cliente y expresarse cualitativa y cuantitativamente para su mejor evaluación. Deben revisarse y actualizarse constantemente.
4. Instruir al personal de planta para llevar a cabo las pruebas de calidad y los controles introducidos en los procesos. Para ello, se les debe capacitar y motivar para que produzcan con mayor calidad.
5. Los reportes de calidad deben ser guardados de manera organizada para poder llevar un registro histórico que servirá posteriormente para comparaciones y así realizar evaluaciones y establecer metas o bien indicadores de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. International Organization for Standardization. *Sistemas de Gestión de Calidad*. Suiza: ISO, 2005. 30 p.
2. BARRIO, José Francisco. *Control Estadístico de los Procesos*. Madrid: FC Editorial, 2005. 506 p.
3. BONILLA AGUILAR, Aureliano. *Propuesta para implementar un Sistema de Gestión de Calidad*. Trabajo de graduación de Maestría. Gestión de la Calidad, Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática, 2010. 73 p.
4. CASTILLO MORALES, Juan Gabriel. *Implementación de control estadístico de calidad en el producto terminado en una planta textil de tejido de punto*. Trabajo de graduación del Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 115 p.
5. IBARROLA, José María. *Introducción a la Calidad, aproximación a los Sistemas de Gestión y Herramientas de Calidad*. Vigo: Ideaspropias editorial, 2006. 136 p.
6. JURAN, Joseph Moses. *Manual de Control de Calidad*. España: Editorial Reverté, 1990. 1908 p.

7. LOCKUÁN LAVADO, Fidel Eduardo. *La Industria textil y su control de calidad*. México: 2012. 161 p.
8. MIRANDA GONZÁLES, Francisco J., CHAMARRO MERA, Antonio y JACOBA, Sergio. *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Madrid: Delta Publicaciones, 2007. 258 p.
9. SORIA, Arturo. *Enciclopedia de la Calidad*. Madrid: FC editorial, 2003. 165 p.
10. VARO, Jaime. *Gestión estratégica de la calidad en los servicios sanitarios*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A, 1994.
11. CARRO, Roberto y GONZÁLEZ, Daniel. *Administración de las Operaciones*. Argentina: Nueva Librería, 2009. 432 p.