



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

**CONTROL DE CALIDAD EN EL PESO DE ROLLO DE TELA FABRICADO EN
UNA PLANTA DE TEJIDO CIRCULAR**

Héctor Leonel López Ávalos

Asesorado por el Ing. Oscar Enrique Tecún Jimenez

Guatemala, febrero de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL DE CALIDAD EN EL PESO DE ROLLO DE TELA FABRICADO EN
UNA PLANTA DE TEJIDO CIRCULAR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HÉCTOR LEONEL LÓPEZ ÁVALOS

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ENRIQUE TECÚN JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Yoselin Niyam Mackenzie Gómez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jeréz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CONTROL DE CALIDAD EN EL PESO DE ROLLO DE TELA FABRICADO EN UNA PLANTA DE TEJIDO CIRCULAR.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 11 de marzo del 2018

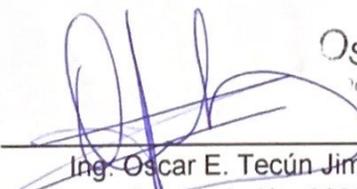
Héctor Leonel López Ávalos

Guatemala 30 de Mayo del 2020

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela Mecánica industrial
Facultad de ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

Por este medio, como Catedrático Asesor de Héctor Leonel López Avalos, carnet No. 2009-20074 CUI 2129-93208-0101, en su trabajo de graduación titulado "**Control de calidad en el peso de rollo de tela fabricado en un planta de tejido circular**", manifiesto conformidad en la estructura y contenido del mismo, por lo que no tengo objeción alguna para la aprobación de dicho trabajo de graduación.

Sin otro particular:


Oscar Tecún
Ingeniero Industrial
Col. 9802
Ing. Oscar E. Tecún Jiménez
Colegiado No. 9802



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.083.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CONTROL DE CALIDAD EN EL PESO DE ROLLO DE TELA FABRICADO EN UNA PLANTA DE TEJIDO CIRCULAR**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Leonel López Avalos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2020.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.007.021

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 **CONTROL DE CALIDAD EN EL PESO DE ROLLO DE TELA FABRICADO EN UNA PLANTA DE TEJIDO CIRCULAR**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Leonel López Avalos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

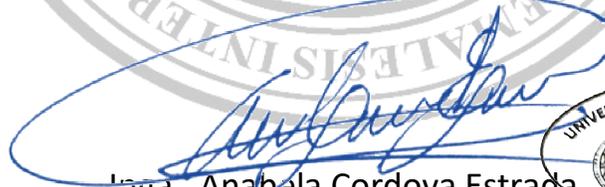
Guatemala, febrero de 2021.

/mgp

DTG. 045.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **CONTROL DE CALIDAD EN EL PESO DE ROLLO DE TELA FABRICADO EN UNA PLANTA DE TEJIDO CIRCULAR**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Leonel López Ávalos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el centro de mi vida e iluminarme en el camino.
Mis padres	Jacqueline Ávalos y Leonel López, por su apoyo incondicional, aliento y ánimo en todo.
Mi hermana	Gabriela López, por su ejemplo y entusiasmo para terminar todos los proyectos.
Mis abuelos	Vilma Cuéllar, Ana García y Jesús López, por su apoyo a lo largo de la carrera.
Mis tíos	Evelyn Ávalos, Armando, Roxana y Salvador López, por su ejemplo y ayuda.
Amigos	Byron Ruiz y su familia, por su apoyo en distintos momentos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la formación profesional adquirida y por convertirse en mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por la enseñanza transmitida a través de todos los catedráticos.
Ing. Oscar Tecún	Por su asesoría, dedicación y paciencia para culminar este trabajo de graduación.
Ing. Cristian Rodríguez	Por su valioso apoyo, tiempo, compañerismo y paciencia para la realización de este trabajo de graduación.
Lcda. Lucía Hernández	Por apoyarme y estar siempre pendiente de mi vida personal; por su influencia, motivación y buenos consejos.
Amistades	Jorge Castellanos, Emilio Chiu y Melisa Jiménez, por sus consejos, tiempo y su valioso apoyo en toda la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Tejido circular.....	1
1.1.1. Estructura de tejido de punto.....	2
1.2. Tipo de fibras.....	6
1.2.1. Algodón.....	6
1.2.2. Poliéster.....	7
1.2.3. Rayón.....	10
1.3. Máquinas circulares.....	11
1.3.1. Cilindros.....	11
1.3.2. Agujas.....	13
1.3.3. Dispositivos de máquinas.....	14
1.4. Factor de cobertura.....	19
1.5. Variables de diseño.....	19
1.5.1. Título de hilo.....	19
1.5.2. Longitud de malla.....	20
1.5.3. Galga.....	20
2. ANÁLISIS DEL PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN EN PLANTA DE TEJIDO.....	21

2.1.	Departamento de control de calidad	21
2.1.1.	Funciones del departamento de control de calidad.....	22
2.1.2.	Descripción general de los puestos	24
2.2.	Materia prima	26
2.2.1.	Descripción de materia prima	27
2.2.2.	Descripción del manejo de la materia prima	29
2.2.3.	Revisión y control de calidad de materia prima	30
2.3.	Proceso de producción	31
2.3.1.	Descripción general de los productos	33
2.3.2.	Diagrama de flujo de proceso de producción.....	34
2.3.3.	Descripción del control del proceso	35
2.3.4.	Proceso de tejedores	35
2.3.5.	Proceso de revisión.....	39
3.	ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE AFECTAN EN EL PESO DEL ROLLO DE TELA.....	45
3.1.	Materia prima	45
3.1.1.	Información de proveedores	46
3.1.2.	Análisis estadístico de la titulación de hilo	47
3.1.3.	Resultados de variaciones de títulos de hilo.....	52
3.2.	Defectos que provocan cortes en la tela.....	53
3.2.1.	Estudio de principales defectos que provocan cortes en la tela.....	53
3.2.2.	Análisis de subproducto producido por cortes en la tela.....	56
3.3.	Análisis de variables que afectan el peso del rollo	58
3.3.1.	Detectar tejedores con más rollos fuera de estándar	59

3.3.2.	Detectar máquinas con más rollos fuera de estándar	60
3.3.3.	Detectar errores más comunes que afectan el peso del rollo.....	62
3.4.	Evaluación del equipo de medición de peso de rollos de tela.....	63
3.4.1.	Instrumentos técnicos	63
3.4.2.	Diagnóstico del equipo de medición.....	64
3.4.3.	Parámetro comparativo	65
3.4.4.	Calibraciones y estado actual del equipo.....	66
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO ECONÓMICO POR PESO DE ROLLO FUERA DE ESTÁNDAR	67
4.1.	Costos por devoluciones	71
4.1.1.	Costos por devoluciones de tela por peso fuera de estándar	72
4.1.2.	Costos por devoluciones de tela con defectos.....	75
4.1.3.	Costos por reprocesos y trabajos de recuperación por devoluciones	76
4.2.	Costo por subproducto	80
4.2.1.	Determinar el costo del subproducto por cortes en rollos.....	81
5.	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS	83
5.1.	Actividades de implementación.....	83
5.1.1.	Implementación de gráficas de control sobre peso de rollo.....	84
5.1.2.	Mejoras al equipo de medición.....	92

5.1.3.	Sistema informático de lectura de medición de peso	93
5.1.4.	Mejoras y controles en el procedimiento productivo.....	95
5.2.	Recursos para implementar mejoras	99
5.2.1.	Recurso humano.....	100
5.2.2.	Maquinarias y herramientas.....	106
5.2.3.	Costos de implementaciones.....	107
CONCLUSIONES.....		109
RECOMENDACIONES		111
BIBLIOGRAFÍA.....		113
APÉNDICE		115
ANEXOS.....		119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diseño tejido de punto	2
2.	Tejido jersey frente	3
3.	Tejido Fleece	4
4.	Tejido clase rib.....	5
5.	Tejido interlock.....	5
6.	Representación del diámetro nominal	12
7.	Máquina circular monofontura	12
8.	Máquina circular doble fontura.....	13
9.	Grupo de agujas de lengüeta.....	14
10.	Estructura de aguja de lengüeta	14
11.	Cerros de máquina circular	15
12.	Estructura de platina	16
13.	Guía de hilo	17
14.	Trabajo y movimiento de guía hilo	17
15.	Levas mecánico	18
16.	Certificado de calidad del hilo	31
17.	Descarga de rollo en máquina	33
18.	Diagrama de flujo de proceso de producción	34
19.	Corte de rollo en máquina.....	38
20.	Contador de vueltas completo	39
21.	Área de revisión	42
22.	Sistema de ponderación de defectos.....	43
23.	Revisión a contraluz.....	44

24.	Diagrama Ishikawa de sobre peso de rollos.....	45
25.	Histograma hilo algodón 100 % titulo 30/1	50
26.	Histograma hilo mezcla 30/1 60P/40A	51
27.	Histograma hilo poliéster 70/72	51
28.	Gráfica representación de defectos en muestra.....	54
29.	Subproducto de tela cortada por principales defectos	57
30.	Clasificación de factores que afectan peso de rollo de tela	58
31.	Báscula de pesaje Defender 2000	66
32.	Libras entregadas vs libras devueltas por cliente por mes.....	68
33.	Costo de producción estimado por libra de tela	70
34.	Libras devueltas vs por peso fuera de estándar.....	72
35.	Costo de libras devueltas por rollos fuera de peso estándar	73
36.	Costo de tela devuelta por defectos varios	75
37.	Costo de reprocesos y trabajos de recuperación	78
38.	Gráfica promedio X peso de producción valores actuales	85
39.	Gráfica promedio X peso bodega valores actuales.....	85
40.	Gráfica de control X peso de rollo producción.....	88
41.	Gráfica de control X peso de rollo bodega	88
42.	Reporte gerencial	90
43.	Reporte en vivo.....	92
44.	Requerimiento sistema informático	94
45.	Diagrama de flujo mejorado	98

TABLAS

I.	Titulo nominal vs real hilo algodón 30/1	48
II.	Titulo nominal vs real hilo mezcla 30/1 60/40	49
III.	Titulo nominal vs real hilo poliéster 70/72	49
IV.	Kilogramos de tela cortada subproducto	57
V.	Tejedores más rollos fuera de peso estándar	60
VI.	Defectos por diseño.....	61
VII.	Máquinas con más defectos por diseño	61
VIII.	Defectos procedimentales	62
IX.	Costos por diseño.....	69
X.	Costo de devolución por diseño y mes	74
XI.	Costo de subproducto	81

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
S	Desviación estándar
Lb.	Libras
LMI	Límite inferior
LMS	Límite superior
μ	Media aritmética o promedio.

GLOSARIO

Báscula	Aparato de medición utilizado para calcular el peso de un cuerpo o producto.
Calidad	Cantidad de características que un producto o servicio pueden ofrecer satisfaciendo la necesidad para lo que es requerida, cumpliendo con estándares implícitos como peso, tamaños, longitud.
Costo	Gasto económico que representa la elaboración de un producto o un servicio.
Defecto	Imperfección o falta de cumplimiento de una característica propia o natural.
Desarrollo	Proceso completo de crear y producir un nuevo producto.
Implementación	Ejecución o puesta en marcha de una propuesta de idea programada a través de un plan de acción.
Inspección	Actividad para controlar los productos, procesos, materiales y maquinarias con la finalidad de comprobar el grado de cumplimiento con los requisitos obligatorios.

Límite inferior	Valor de menor tamaño aceptado en el proceso.
Límite superior	Valor de mayor tamaño aceptado en el proceso.
Materia prima	Sustancia natural o artificial que se utiliza para la elaboración de otro producto.
Muestra	Unidad de un material entregado al cliente de forma representativa del total, para el estudio de sus características.
Polímero	Unión de macromoléculas obtenidas por polimerización.
Subproducto	Residuo de un proceso de elaboración de un producto, producto secundario y a veces inesperado que genera pérdidas de materiales e insumos.
Tejido	Resultado de entrelazar hilos de fibras.
Texturizado	Proceso termomecánico de moldeo de hilos.

RESUMEN

La industria textil tiene la exigencia de presentar productos de una calidad altísima, debido a la competencia en el mercado mundial. Los países asiáticos son la principal competencia en muchos mercados y el textil no es la excepción. El peso de cada rollo de tela tejido es una característica de calidad que impacta directamente en el acabado final de la tela y que influye directamente en la calidad final del producto. El no cumplimiento de esta característica desencadena un flujo permanente de problemas de calidad. El rechazo de los productos genera desconfianza y mala imagen, pero también afecta directamente los costos de fabricación debido a la pérdida de insumos y recursos, trabajos de reproceso, de reparación y pérdida del producto como tal.

La característica peso es el factor de análisis y estudio principal, en el cual se buscan los factores o variables que afecten en dicha característica. Para detectar estos factores es importante conocer el proceso productivo desde el inicio hasta el fin. De esta manera se podrán analizar las operaciones que realizan los operarios y detectar posibles fallos que puedan ser controlados y mejorados. El peso de los rollos está influenciado por dos causas principales, en la operación y proceso de fabricación y en los defectos que provocan cortes. Estos hacen que el peso del rollo tenga variación respecto lo esperado. Los defectos son provocados, a su vez, por dos factores: la maquinaria y la atención humana, los cuales pueden desencadenar defectos conocidos en la tela que podrían considerarse ajenos al peso. Como medida de corrección de estos factores se utiliza el corte del tramo de tela con defecto, lo cual hace que el peso sea la variable afectada.

En el departamento de calidad el objetivo es detectar todos los fallos y controlar estas variables de manera que se pueda manejar tolerancias de fallos sin salirse de control; el control es la razón de ser de los departamentos de calidad, por lo cual existen herramientas que ayudan a realizarlo de forma correcta. La variable peso es un valor cuantitativo que puede ser analizado a través de herramientas estadísticas, como el control por medio de gráficas que limiten la tolerancia a los fallos respecto el valor estándar. Con el control del peso de rollo de tela en una gráfica se puede visualizar eficazmente aquellos valores que salen del permitido y tomar medidas y acciones correctivas a tiempo, antes de que el producto salga de bodega y sea entregado al cliente. De esta manera se mejorará la imagen respecto la calidad y el tiempo de entrega, además de reducir los costos por rechazos.

Además del control es necesario aplicar cambios e indicar a todos los trabajadores de la planta de producción sobre las mejoras. Las más importantes son la limpieza del área de trabajo, máquinas de tejido y atención a las máquinas. Implica la tarea de reportar cualquier fallo al departamento de mantenimiento y la atención inmediata del mismo para corregir dichos problemas.

El ajuste y calibración de los equipos es una medida que mejora y reduce los errores que influyen en el peso; por tal razón, se deben aplicar medidas preventivas y otras correctivas a los equipos de medición, por lo cual se presentan los costos de realizar estos ajustes.

OBJETIVOS

General

Analizar el control de calidad en el peso de rollo de tela fabricado en una planta de tejido circular.

Específicos

1. Estudiar el procedimiento operativo que se utiliza en el área de producción para la fabricación de rollos.
2. Analizar la materia prima que influye en el peso de los rollos de tela.
3. Determinar los defectos que provoca realizar cortes en los rollos de tela.
4. Clasificar y estudiar las principales variables que afectan el peso de rollos fuera de estándar.
5. Evaluar los equipos de medición utilizados para calcular el peso de los rollos de tela.
6. Determinar el efecto en la economía de la planta al entregar el producto con el peso estandarizado en los rollos de tela.
7. Detallar las actividades y recursos necesarios para la implementación de mejoras que estandaricen el peso de rollo de tela.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el alza de la industria textil ha tenido un impacto en la economía del país, convirtiéndose en uno de los productos con mayor generación de divisas en los últimos años. Logrando cifras récord en exportaciones de US\$ 1 mil 500 millones anuales. Datos confirmados por la Asociación de la Industria de Vestuario y Textiles (VESTEX) y la Asociación de Exportadores de Guatemala (AGEXPORT) sitúan a la industria textil como la principal fuente de exportaciones en el país en los últimos años. Los países principales de exportación son Estados Unidos, México, Centro América y Canadá. Este crecimiento económico en la industria textil ofrece un número elevado de empleos en el país, con más de 180 mil empleos directos e indirectos.

Este crecimiento exponencial visto en la última década en la industria textil, con el aumento de la demanda también ha crecido la apertura de nuevas empresas dedicadas a la fabricación y confección de textiles. A raíz de esto ha surgido capital emergente, la mayoría capital extranjero. Hemos visto cómo la inserción de países como China y Corea a la industria textil en Guatemala ha aumentado en los últimos años, aprovechando el posicionamiento logístico de la industria con relación a los principales demandantes.

El ingreso del capital extranjero al país trae consigo la introducción de maquinarias nuevas, tecnologías mejoradas, procesos y gestiones más eficientes y un impacto grandísimo en los fabricantes locales. Competir con estas mejoras obliga a las empresas guatemaltecas, como la empresa estudiada en este trabajo de graduación, a desarrollarles y buscar una eficiencia que compita ante estas nuevas tecnologías y procesos.

En la búsqueda de mejoras de productividad, en muchas ocasiones se ve sacrificada la calidad del producto. Si de textiles se refiere, la calidad es el principal valor diferenciador entre productos de la misma naturaleza. Por ello es importante contemplar un desarrollo integral entre la búsqueda de competir con los ofertantes. Es imposible sobrevivir a un mercado tan demandante si no se encuentra la sinergia entre velocidad, innovación y calidad.

Por ello, esta investigación se centra en el estudio de un factor de calidad que afecta directamente la productividad y calidad de los productos textiles: el peso de los rollos de tela. Este factor, si no se logra estandarizar, provoca fallos en maquinarias de acabado de la tela, lo cual afecta la velocidad de producción y la calidad con que se fabrican y confeccionan las prendas de vestir. A lo largo de la investigación se determina factores que influyen y se realiza las propuestas de implementación de mejoras para reducir el índice de fallos derivados del peso del rollo fuera de estándar, analizado en una fábrica guatemalteca de tejido circular.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Tejido circular

Un tejido es el género obtenido en forma de lámina más o menos resistente, elástica y flexible, mediante el cruzamiento y enlace de series de hilos o fibras de manera coherente, al entrelazarlos o al unirlos por otros medios.

Un tejido puede ser el resultado de:

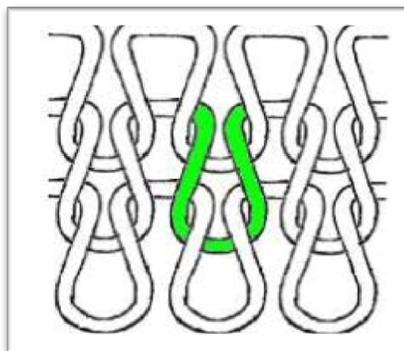
- Tejer o entrelazar dos hilos, filamentos o fibras diversas (naturales, artificiales o sintéticas): una longitudinal, llamada urdimbre y otra transversal, llamada trama.
- Una serie de lazadas que forman una malla o red. Algunos están formados por un solo hilo que enlaza consigo mismo, como el género de punto por trama, el ganchillo, entre otros. mientras que otros están formados por una serie de hilos, como el género de punto por urdimbre, algunos encajes, entre otros.
- Un cruzamiento de dos o más series de hilos de la urdimbre, sin trama, como ciertos tules.

La industria que fabrica tejidos a partir de hilos en general se llama tejeduría, estos se elaboran en máquinas circulares de pequeño y gran diámetro. Existe gran variedad de géneros fabricados con fibras mixtas, combinación de fibras

naturales, artificiales o sintéticas y cada uno de ellos se comporta de modo diferente.

El tejido de punto es una técnica de elaboración de tejidos entrelazando bucles de hilos de manera horizontal o vertical. Estos bucles en la industria textil reciben varios nombres: puntada, malla o loop.

Figura 1. **Diseño tejido de punto**



Fuente: PRIETO, Betsy. *Entendiendo el tejido: estructura*. Recuperado de <https://www.betsy.es/entendiendo-el-tejido-estructural/>. Consulta: 4 de abril de 2018.

1.1.1. Estructura de tejido de punto

El tejido de punto es cuando la dirección general de todos o de la mayor parte de los hilos que forman sus mallas es horizontal. La posición correcta del tejido para su examen es con el vértice de las “V” hacia abajo.

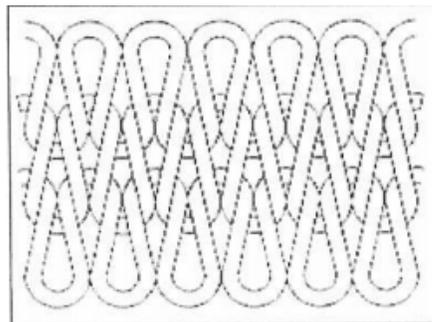
La fabricación del mismo se puede realizar con hilos y diferentes mezclas siempre dependiendo la calidad y los usos que vaya a tener la tela, una vez que esta sea confeccionada. Como se menciona anteriormente, las telas son fabricadas en máquinas circulares de gran diámetro, las cuales tienen muchas

variantes mecánicas y son configuradas para diseñar la tela de acuerdo con las especificaciones del cliente final.

1.1.1.1. Jersey

La tela jersey es la más básica de todas las telas de punto. El frente y el revés tienen aspectos muy distintos. Se teje en máquinas con un solo juego de agujas. La cara técnica de la tela está compuesta completamente de puntos lisos y el revés técnico está compuesto totalmente de malla vuelta. Puesto que todos los puntos se hallan hacia el mismo lado, la tela es considerada desequilibrada y se enrolla en las orillas. La tela jersey y todas las demás telas de punto sencillas tienen que ser tratadas en el proceso de acabado para evitar el enrollamiento hasta el momento de ser cortadas y cosidas. Se utiliza mayormente en camisetas, sudaderas y camisas de punto.

Figura 2. **Tejido jersey frente**

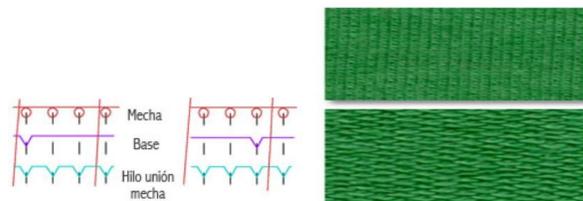


Fuente: LEE, Baby; NUÑEZ, Josymar. *Diseño de un plan de mejoras en los procesos de tejeduría, tintorería y acabado de tela en una empresa textil.* p 7.

1.1.1.2. Fleece

El hilo de unión de la mecha hace malla en el juego de la base. Esta tela es muy usada en la confección de ropa deportiva ya que por la estructura se le puede dar un tacto afelpado a través de una esmeriladora y tundidora.

Figura 3. **Tejido Fleece**



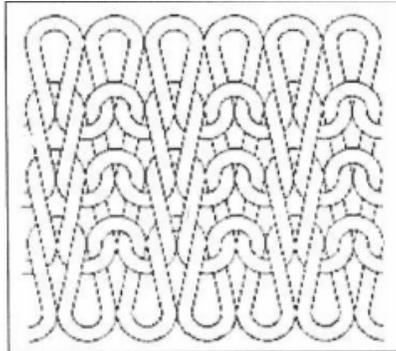
Fuente: SEVILLANO, Blanca. *Estudio técnico del uso de nanotecnología para mantener el interior siempre seco en tejidos de punto con diferentes mezclas.* p 2.

1.1.1.3. Rib

En esta estructura, tanto la superficie del derecho y el revés están tejidas en una sola fontura. La puntada delantera y el punto revés del punto liso tienen como disposición en cada vuelta, lo que da al tejido buena elasticidad transversal.

Las características del tejido rib son su elasticidad a lo ancho, su facilidad para el corte y confección de prendas. Generalmente se utiliza para cuellos y puños, así como suéteres de corte grueso hasta corte mediano.

Figura 4. **Tejido clase rib**

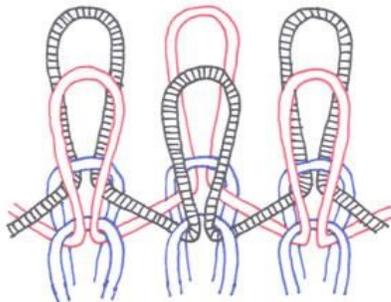


Fuente: LEE, Baby; NUÑEZ, Josymar. *Diseño de un plan de mejoras en los procesos de tejeduría, tintorería y acabado de tela en una empresa textil.* p 8.

1.1.1.4. **Interlock**

Este tejido posee la misma apariencia en ambas caras. Es llamado también todas las agujas. Se realiza en máquina de doble fontura. Aquí se tejen al mismo tiempo dos veces el ligamento rib sobre una selección de agujas 1 por 1, en el que la segunda pasada es complementaria a la primera. Su característica principal es que las mallas están compensadas desde la estructura, por lo que resulta más estable y firme que el tejido jersey y posee menor elongación que el mismo.

Figura 5. **Tejido interlock**



Fuente: SEVILLANO, Blanca. *Estudio técnico del uso de nanotecnología para mantener el interior siempre seco en tejidos de punto con diferentes mezclas.* p 20.

1.2. Tipo de fibras

Las fibras textiles son unidades de materia cuya longitud es muy superior a su diámetro y se emplean para fabricar tejidos.

Las fibras textiles constituyen el hilo, los cuales forman el tejido. Por su naturaleza, se clasifican en: naturales y sintéticas.

Las naturales están constituidas por todas aquellas fibras que, como tales, se encuentran en estado natural y no exigen más que una ligera adecuación para ser hiladas y utilizadas como material textil. Las fibras sintéticas son una gran diversidad de fibras que no existen en la naturaleza, sino que han sido fabricadas mediante un artificio industrial.

1.2.1. Algodón

El algodón es la fibra textil de origen vegetal más comercializada. Desde el inicio de la historia acompaña al ser humano, está presente en todos los territorios que el ser humano ha poblado, a excepción de las regiones polares. Es fibra textil tal cual está en el campo de cultivo, en la planta, sin necesidad de extracción ni maceración. Es una planta perteneciente al género *Gossypium*, tiene el tallo verde de altura entre 0,8 y 1,5 metros, según variedades y regiones.

La fibra de algodón es como una cinta granulosa, estirada y retorcida. En las variedades de mejor calidad, la fibra tiene forma casi cilíndrica. Está compuesto a base de moléculas de celulosa, con la estructura molecular típica de esta.

El tejido de algodón retiene del 45 al 50 % de su peso en agua; es fresco y su uso resulta confortable.

La mercerización es el tratamiento químico dado al algodón a base de sosa cáustica, que, además del brillo que produce en él, aumenta su resistencia a la tracción en un 50 % e incrementa su afinidad por los colorantes, con lo cual no se produce el fenómeno de descarga en el proceso de tintura.

No tiene estabilidad frente a la conservación de la forma y hay que conferírsela mediante tratamientos mecánicos o químicos, como el sanforizado (encogimiento previo a base de temperatura, presión y humedad en el sentido de la urdimbre).

Se arruga, aunque hay tratamientos químicos para evitarlo. Es más económico que las fibras animales.

1.2.2. Poliéster

Es una fibra textil sintética fabricada por polímero de cadena larga, en la que al menos un 85 % de su peso es un éster de alcohol hídrico y ácido teraftálico.

La química básica del poliéster consiste en la reacción de un ácido con un alcohol. El proceso de hilado se hace por fusión y es muy similar al descrito para el nylon, excepto que las fibras de poliéster se estiran en caliente, para orientar las moléculas y conseguir la alta resistencia de la fibra. Se produce en muchos tipos de fibras: cortas, largas, filamentos y cable. Puede obtenerse acabado brillante o deslustrado.

Las fibras de poliéster se adaptan a mezclarse de manera que toman el aspecto, textura y tacto de las fibras naturales a las que imitan, con la ventaja de no necesitar los delicados cuidados de estas. El hilo de alta tenacidad, conseguido en el estirado de la fibra en caliente, se emplea en neumáticos y telas industriales. Un hilo de poliéster 100 % es de fibra corta y se emplea como sustitutivo de algodón. Un hilo con alma de poliéster y al que se líe otro de algodón asume las características de ambos.

Modificar la sección transversal de la fibra fabricada, en vez de solamente redonda darle otro tipo de perfil, le permite conseguir apariencias de fibras naturales. Se hizo para buscar la apariencia del hilo de seda. Con la fibra corta de alta tenacidad se intentó conseguir telas de planchado durable.

Las principales características del poliéster son:

- Puede ser brillante o mate, por el texturizado, que a su vez puede rizarlo, lo que le confiere un tacto más cálido. Es menos transparente que el nylon. Es blanco o se tiñe el colodión en el color deseado.
- Es una fibra termoplástica, lo que permite un plisado permanente.
- Arde con humo negro. Es muy elástica. Muy resistente a la rotura, a la abrasión, a los insectos y a los hongos.
- La fibra cortada presenta problemas de *pilling*. Retención de agua del 3 al 5 %.
- Gran afinidad por la electricidad estática.

- Resiste a los ácidos, pero no a los álcalis. Fermenta el sudor, por lo que se le conoce como Spandex, Lycra; el nombre depende directamente de la empresa que produce. No es un tejido sino una de las fibras que componen un tejido. Sus propiedades son de dar elasticidad y mayor calidad.

Cuando se introdujo por primera vez, revolucionó muchas áreas de la industria textil. Hoy es utilizado sobre todo en el ámbito deportivo gracias a su flexibilidad y ligereza. Se trata de un polímero de cadena muy larga, formado por lo menos con un 85 % de poliuretano segmentado (elastano); se obtiene filamentos continuos que pueden ser multifilamento o monofilamento.

El elastano o Spandex se utiliza conjuntamente con otras fibras para fabricar tejidos óptimos, para producir ropa interior, ropa femenina, calcetines, entre otros. También está presente en pantis y medias, así como en ropa deportiva y en ropa de baño, ya que gracias a sus propiedades elásticas otorga libertad de movimientos a los deportistas que la utilizan. Las prendas que hayan sido fabricadas con fibra de elastano en la composición de su tejido son sinónimas de mayor calidad.

Las características principales del elastano son las siguientes:

- Se puede estirar de 400 % hasta un 800 % sin que se deforme y vuelva a su posición original.
- La densidad de las fibras de elastano es de 1,2 a 1,4 g/cm³.
- Se produce en gran variedad de diámetros que van desde el 8 hasta 2 500 dtex.

- Se puede estirar gran número de veces y volverá a tomar su forma original.
- Ligero, suave, liso y flexible.
- Resistente al sudor, lociones y detergentes.
- No existe problema de electricidad estática.
- Es un falso filamento.
- Los filamentos están unidos por coalescencia.

1.2.3. Rayón

Es una fibra textil fabricada por polímeros que simulan las fibras celulósicas naturales. No es un sintético real ni una fibra realmente natural. Existen dos variedades del rayón, viscoso y de alto módulo de humedad. Estos, a su vez, son producidos en diferentes tipos que brindan propiedades específicas.

Las características del rayón son las siguientes:

- Suave, liso y confortable.
- Naturalmente de alto lustre.
- Alta absorbencia.
- Su durabilidad y retención de forma es baja, especialmente cuando hay humedad.

- Baja resistencia elástica.
- Normalmente débil, pero el rayón con alto módulo de humedad es mucho más fuerte, durable y tiene buena retención de la apariencia.

1.3. Máquinas circulares

Las máquinas circulares de gran diámetro son las encargadas de fabricar el tejido de punto. Ya sean de una fontura con un cilindro de agujas o doble fontura con cilindro y disco o plato de agujas, presentan características de construcción muy similares. Ambos tipos de máquinas, en todas las diferentes marcas que se fabrican, clasifican los componentes en tres secciones conforme a las funciones que desempeñan en la producción del tejido para convertir la materia prima en el producto final.

- Elementos principales
- Elementos secundarios o de servicio
- Elementos de base de construcción

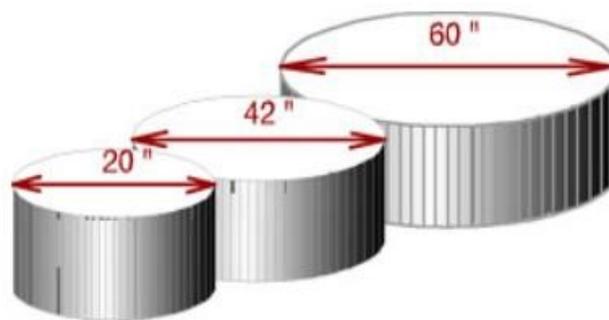
1.3.1. Cilindros

Cilindro o fontura es el nombre genérico del cilindro o tambor ranurado en su periferia. Tiene la medida correspondiente a la finura o galga de la máquina, relacionada con el diámetro del cilindro en sentido horizontal, en cuyo espacio se alojan las agujas y determina el número total de su contenido.

Diámetro nominal: en las máquinas circulares se toma como diámetro nominal el correspondiente al diámetro del círculo básico de agujas del cilindro. Este se expresa en pulgadas. Los diámetros utilizados en la práctica dependen

esencialmente del campo de aplicación a que se designen las máquinas. La gama de diámetros se extiende desde 1/12 pulgadas (2 mm, máquinas de hacer cordones) a 60 pulgadas (1 470 mm Jumbo).

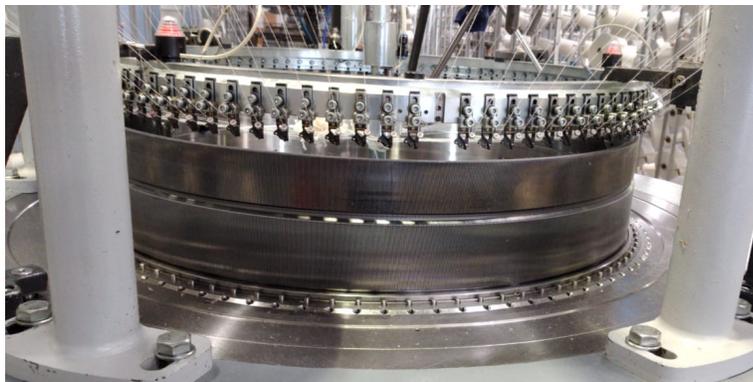
Figura 6. **Representación del diámetro nominal**



Fuente: SEVILLANO, Blanca. *Estudio técnico del uso de nanotecnología para mantener el interior siempre seco en tejidos de punto con diferentes mezclas.* p 5.

Monofonturas: estas máquinas disponen de un cilindro y un aro de platinas, a excepción de las platinas de movimiento vertical que también se alojan en el cilindro (ver formación compensada).

Figura 7. **Máquina circular monofontura**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

Doble fontura: en estas se engloban dos subgrupos: las máquinas de plato y cilindro y las de doble cilindro.

Figura 8. **Máquina circular doble fontura**



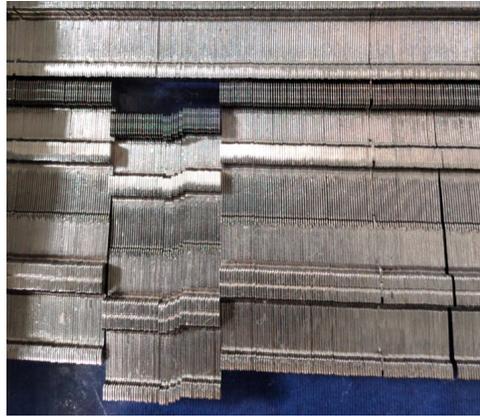
Fuente: SEVILLANO, Blanca. *Estudio técnico del uso de nanotecnología para mantener el interior siempre seco en tejidos de punto con diferentes mezclas.* p 13.

1.3.2. **Agujas**

Para este tipo de máquinas actualmente se utilizan las agujas de lengüeta, también identificadas como selfactinas o automáticas. Son empleadas en las máquinas rectilíneas y son el elemento básico en la formación de la malla para convertir el hilo en tejido mediante un ciclo determinado, que se detallará posteriormente.

Las agujas son de acero de alta calidad, dureza, flexibilidad y pulido, características requeridas para la función que desempeñan, considerando que su fabricación es de alta tecnología en el ramo metalmecánica.

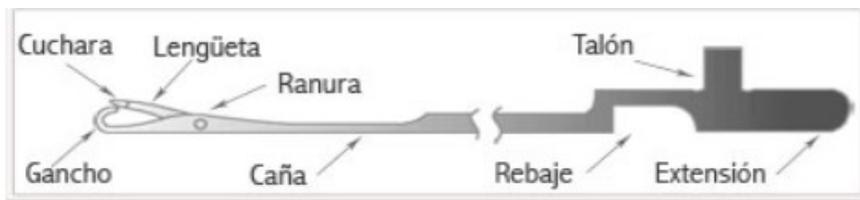
Figura 9. **Grupo de agujas de lengüeta**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

La estructura de las agujas de lengüeta está conformada en su parte inferior por una extensión; luego contiene el talón que puede estar en diferentes niveles o alturas; la caña, la cual es el tramo más largo de la aguja para llegar a la lengüeta y gancho, los cuales son los que toman el hilo.

Figura 10. **Estructura de aguja de lengüeta**



Fuente: Baltanás Gabina. *Tejidos de punto a máquina. Agujas y máquinas.* p 4.

1.3.3. **Dispositivos de máquinas**

La bancada es la estructura de fundición que sirve de soporte general a todos los elementos de la máquina. Debe ofrecer una estabilidad absoluta frente a los efectos de torsión, para absorber sin deformación las fuerzas generadas por la aceleración y el frenado.

Número de juegos: bajo el concepto de juego se entiende un cerrojo o conjunto de cerrojos con una alimentación de hilo, dispuestos de tal forma que en una vuelta de máquina formen una pasada de mallas. El número de juegos depende del diámetro de la máquina (punto liso, uno por uno), las posibilidades de muestras y la galga.

El número de juegos suele ser par y en las máquinas con sistemas de diseño, además, divisible entre 4, 6 u 8, con el fin de poder producir diseños a 2, 3 y 4 colores. La densidad de juegos es la cantidad de los mismos por pulgada inglesa.

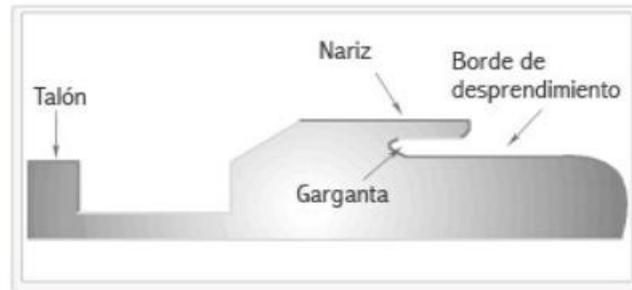
Figura 11. **Cerrojos de máquina circular**



Fuente: fábrica San Miguel, Blanca Sevillano.

Platinas: el empleo de estas tiene lugar en máquinas de una fontura. Su principal función es la de retener el tejido, durante el ascenso de la aguja.

Figura 12. **Estructura de platina**



Fuente: Baltanás Gabina. *Tejidos de punto a máquina. Agujas y máquinas*. p 5.

Guía hilos: tiene como función suministrar el hilo a las agujas. Se encarga de abrir y cerrar las lengüetas semiabiertas y protege la lengüeta de su cierre incontrolado. Los movimientos de ajuste del guía hilos son tres:

- Ajuste 1: movimiento horizontal ajuste lateral del guía hilos. Consiste en el desplazamiento a derecha o izquierda del guía hilos respecto al diagrama de movimiento de agujas.
- Ajuste 2: movimiento vertical. Consiste en el desplazamiento arriba o abajo del guía hilos respecto al diagrama del movimiento de agujas.
- Ajuste 3: movimiento de adelante hacia atrás. Ajuste del guía hilos, que acerca o aleja del plano de las agujas.

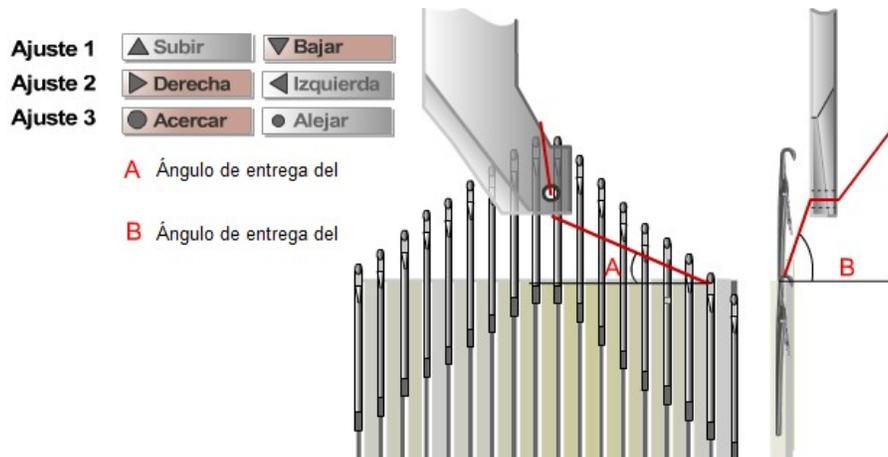
Figura 13. **Guía de hilo**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

La representación del trabajo que realiza el guía hilo se encuentra en la figura 13, en la cual se observa que el guía hilo permite al hilo entrar de forma correcta a través de las agujas y enlazar el tejido.

Figura 14. **Trabajo y movimiento de guía hilo**



Fuente: SEVILLANO, Blanca. *Estudio técnico del uso de nanotecnología para mantener el interior siempre seco en tejidos de punto con diferentes mezclas.* p 15.

Levas: también identificadas como excéntricos o camas. Son elementos que tienen contacto directo con los talones de las agujas en cada ciclo de formación de las mallas y están soportadas en las tapas de tamaño seccional cada dos alimentadores de hilo, para separarlas de la fontura en la acción de cambio de agujas en su parte exterior. También contienen un botón regulador que está graduado para determinar, mediante su ajuste individual, a la barra que soportan las levas en su movimiento de ascenso y descenso; con esto determina el tamaño de la malla conocido como punto de tejido, medida que es determinante en la construcción y peso del producto final.

En todas las máquinas circulares existen tres tipos de levas que son intercambiables en cada ligamento de tejido y son de formas diferentes. Dependiendo de la función que define la formación de la malla, cargada o fuera de acción, se determina el ligamento correspondiente en cada pasada de hilo de forma individual con los alimentadores contenidos de la máquina.

Figura 15. **Levas mecánico**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

1.4. Factor de cobertura

El factor de cobertura de un género de punto es el nivel de cobertura que tiene la tela. Se representa como la relación de la raíz cuadrada del título tex del hilo y la longitud de malla expresada en centímetros.

En este caso, la raíz cuadrada del título tex sustituye la medida del diámetro del hilo que, por su natural irregularidad, impone dificultades para su medición.

El proceso de fabricación de un género de punto empieza por la elección del factor de cobertura correcto y con la galga de la máquina adecuada al hilo disponible o viceversa.

$$tex = 590/Ne \quad \text{Factor de cobertura} = \frac{\sqrt{tex}}{LM (cm)}$$

1.5. Variables de diseño

Las variables en el diseño de tejido son controladas en las características mecánicas del proceso de tejido. La posición de las levas, las agujas y el tipo de cilindro y galga son los principales factores que influyen en los distintos tipos de diseño, además del tipo de hilo que da una apariencia y tacto diferente entre cada tipo. La cantidad de agujas determina el ancho de la tela. Una aguja produce una malla, con la galga se establece las agujas/pulgada, con el ancho de la tela y las agujas/pulga se determina la cantidad de agujas.

1.5.1. Título de hilo

El título de hilo es el grosor que tiene cada hilo, se manejan nomenclatura Ne, Denier y texto para cada tipo de hilo.

Con el título de hilo logramos aumentar o bajar el peso, adicional a que se logra disminuir o aumentar el ancho de la tela. El título de hilo está condicionado a la galga.

1.5.2. Longitud de malla

Al apretar la malla o reducir su consumo se provoca que esta disminuya su tamaño, por lo cual aumenta el peso de la tela y disminuye el ancho.

Al aflojar la malla o aumentar su consumo se provoca que aumente su tamaño, por lo cual disminuye el peso de la tela y aumenta el ancho.

1.5.3. Galga

Es el número de agujas que caben en una pulgada inglesa (1 pulgada = 25,4 mm) medida en la fontura y sobre el diámetro nominal de la máquina. Para lograr un buen resultado debe adecuarse el título del hilo a la galga de la máquina.

En máquinas de plato y cilindro solo se tendrá en cuenta las agujas del cilindro. Su abreviatura es Gg. Galga = número de agujas / 1 pulgada.

2. ANÁLISIS DEL PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN EN PLANTA DE TEJIDO.

2.1. Departamento de control de calidad

El departamento de control de calidad es el ente encargado de la regulación del grado de conformidad del producto final con sus especificaciones. Esta especificación puede ser objetiva y formal, pero en fábricas de tejido de punto, a menudo es subjetiva y difícil de definir. La discusión sobre el control de calidad debe empezar con una consideración de las propiedades objetivas del tejido que deben ser controladas, para crear un criterio en el cual medir todas las propiedades subjetivas.

Por ello, el departamento de calidad es el responsable de inspeccionar el producto en todas sus fases, desde la materia prima. Es de suma importancia controlar y medir el estándar de calidad con la que es entregada. La materia prima es una propiedad objetiva en el caso de los textiles, ya que se trata de hilo que posee propiedades básicas, las cuales son medibles y controlables e infieren directamente en la calidad del producto final por entregar.

Pero no es solo esto de lo que se encarga el departamento de calidad; debe proporcionar estándares de calidad en todas sus líneas o fases del proceso. Por ello es el encargado de documentar e implementar cada uno de los procesos, cambios y mejoras que se realicen para garantizar el control total en todas las líneas o fases. Además de esto, es bastante claro que el departamento de calidad debe inspeccionar el estado del producto final antes de que este sea despachado y entregado al cliente. Debe marcar los parámetros de medición dependiendo el

tipo de propiedades a medir, subjetivas u objetivas. Para ello debe conocer estrechamente las exigencias y solicitudes del cliente, para marcar parámetros de comparación entre lo solicitado y lo producido.

2.1.1. Funciones del departamento de control de calidad

La calidad en los productos es un factor de competencia en el mercado textil. No solo es un gusto o complacencia sino una necesidad para mantener el negocio. Al entregar producto de calidad se garantiza una relación perdurable con el cliente para más negocios, así como mantener los costos de fabricación al no tener rechazos y trabajo perdido en la entrega de producto.

Por este motivo, el departamento de control de calidad de la fábrica textil tiene la función de crear programas, procedimientos y planes de control de calidad que involucren factores como:

- Determinar las especificaciones de calidad de la materia prima; los datos cuantitativos que sean medibles en cada lote de hilo que se entrega a la planta desde los distintos proveedores.
- Determinar las especificaciones de calidad del producto, conocer los requerimientos básicos con el que el cliente autoriza y necesita sea entregado el producto, además de disminuir los defectos comunes en cualquier tela.
- Establecer la estandarización de las especificaciones de calidad, garantizar la reproducción de toda la producción bajo los mismos parámetros de calidad previamente autorizados por el cliente a través de un desarrollo y muestras.

- Contribuir a la obtención de un costo óptimo para el producto, evitar los sobreconsumos, retrabajos y reprocesos en la fabricación para eliminar errores, así como evitar rechazos de parte del cliente en el producto final, que generan costos a la fábrica.
- Mantener y asegurar la calidad del producto mediante el control sistemático en las diferentes etapas del proceso de fabricación.

Las propiedades que el departamento de control de calidad debe asegurar son:

- Las propiedades geométricas: corresponden a todas las mediciones, el ancho, el largo, la cantidad de yardas que posea el rollo de tela y cualquier otra propiedad medible cuantitativamente como parte de la geometría del diseño, especialmente si la estructura del tejido lleva diseños.
- Las propiedades mecánicas: representan toda la configuración y ajuste mecánico que lleva el proceso de fabricación, centrándose específicamente en las distintas configuraciones que se realizan en la máquina de tejido circular, tomando en cuenta como referencia la máquina utilizada en el desarrollo, para calibrar y medir todos los parámetros en las demás máquinas que se coloquen en la producción.
- Las propiedades retentivas: estas se refieren al conjunto de pruebas que pasa la tela final, ya acabada, esto no corresponde a la planta de tejido, pero si influye debido a que propiedades como la absorción, lavado y desprendimiento de fibras, corresponde a características cualitativas del hilo, lo cual se mide y controla en la planta de tejido.

El esquema más simple de control de calidad consiste en ensayar todas estas propiedades en el artículo ya acabado, ya sea en forma de muestra o en su totalidad, separando todas las prendas o partidas, cuyos valores quedarán fuera de los límites preestablecidos. Este esquema sería antieconómico por dos razones:

Primero, porque produciría un alto costo innecesario debido a mermas del tejido acabado. La merma sería siempre más baja si el esquema de control se basara en el de la primera materia de entrada y en el de las variables de proceso.

La segunda razón es que implican costo excesivo de ensayos, ya que con solo controlar las variables más importantes en la materia de entrada y en proceso, muchas de las propiedades del artículo terminado quedan automáticamente dentro de los límites de control normal. El control del proceso y de las primeras materias redundaría en una reducción sustancial del costo, ya que el costo de control de calidad constituye una parte importante del costo total del artículo terminado. No obstante, algunas de las propiedades no pueden ser controladas durante el proceso, por lo que solo se apreciarán en el artículo acabado.

2.1.2. Descripción general de los puestos

En el departamento de calidad de la planta de tejido cuenta con 17 personas especializadas en auditar e inspeccionar el arranque, el proceso y el producto terminado. El departamento de calidad se divide de la siguiente manera:

- Área de desarrollos y muestras
- Laboratorio de Calidad
- Área de revisión e inspección

La distribución de los puestos del departamento de calidad por área está organizada de la siguiente forma:

- Desarrollos y muestras
 - Ingeniero de desarrollos y muestras.
 - Desarrollar productos nuevos con especificaciones y estándares de clientes americanos.
 - Cumplir con la entrega de muestras de productos ya fabricados en la planta.
 - Estandarizar los productos nuevos para arranques en producción.
 - Llevar el control de las fichas técnicas, que es la información documentada de todo el proceso de fabricación del desarrollo para replicarlo en producción.
 - Control y logística de la materia prima e insumos que requiera utilizar para cada muestra o desarrollo fabricado, compra de materia prima junto a un análisis de calidad y documentación del mismo.
 - Mantenimiento de bodega específica de materia prima.
 - Control y mantenimiento de bodega específica de producto de desarrollos y muestras acabado.

- Laboratorio de calidad
 - Gestor de producto
 - Controlar por medio de mediciones técnicas el arranque de máquinas con la estandarización de productos del desarrollo.
 - Revisión de calidad en parámetros de peso, ancho y apariencia.

- Entrega de fichas técnicas para reproducibilidad del producto al área de producción.
- Gestor de proceso
 - Inspeccionar el proceso, productivo que no tenga defectos o errores.
 - Auditar calibraciones de maquinaria para garantizar la calidad del tejido.
 - Revisión de parámetros de longitud de malla, encogimientos.
- Gestor de teñido
 - Teñir yardas de arranque para garantizar el inicio sin defectos.
 - Teñir yardas de mantenimiento para ver defectos y corregir los mismos.
 - Teñir y controlar yardas poliéster para mantener en control el defecto de barra.
- Área de revisión e inspección
 - Revisadores
 - Inspeccionar defectos físicos de la tela en máquina revisadora a contraluz y con luz UV para inspeccionar contaminación de fibras.
 - Inspeccionar la apariencia de tela a cierta velocidad en máquina revisadora.

2.2. Materia prima

Las materias primas son extraídas de la naturaleza o fabricadas por otros procesos, los cuales se transforman para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

2.2.1. Descripción de materia prima

En la planta de tejido la materia prima es el hilo, el cual se divide en dos grupos:

- Hilo fibra corta o hilado
 - Hilo *open end*: la hilatura *open end* o de rotor aplica la torsión mediante un rotor giratorio.
 - Hilo anillos: la hilatura de anillos aplica la torsión mediante un husillo giratorio). La hilatura de anillos no es solamente el método de hilatura más lento, sino también el más costoso porque necesita una serie de procesos adicionales (mechado y bobinado). La hilatura de anillos produce un hilo más resistente, fino y suave.

- Hilo fibra larga o texturizada: los hilos texturizados se llaman así porque se les ha modificado la "textura". Lo común es que esto se le haga a los hilos de fibras sintéticas por tratamientos térmicos, toda vez que estas fibras son termoplásticas y tienen "memoria térmica"; es decir, conservan la forma que tengan en el momento de tener también la máxima temperatura a la que hayan sido sometidos nunca antes. La diferencia entonces es que su textura más voluminosa los hace buenos transportadores de aire y agua por sus "circunvoluciones" o por su enmarañada red de filamentos, modificando sus propiedades de tacto y uso. En general, el hilado común es más "plano"; el proceso de texturizado se realiza en unas máquinas que se llaman texturizadoras.

Título: es la cantidad de metros de hilo que entran en un gramo.

$$Nm = m/1gr.$$

Número inglés: cantidad de madejas de 840 yardas de hilo requerido para lograr el peso de una libra inglesa (lb).

1 yarda = 0,9144 metros

1 libra inglesa = 453,59 gramos

Ne= No. madejas de 840 yardas/libra

Número métrico: básicamente se define como el número de kilómetros de hilo que pesan un kilogramo.

Nm 36 = En 1 Kg hay 36 Kilómetros de hilo.

Nm 50 = En 1 Kg hay 50 Kilómetros de hilo.

Mientras más pequeña es la cifra, más grueso es el hilo (inverso).

Denier: básicamente este, sistema indica la cantidad de madejas de 20 aunadas cada una (1 auna = 22,5 mts) contenidas en un denier (1 denier = 0,05 gramos).

Por la dificultad que presentaba esta cifra para el cálculo del título del hilo, se buscó un factor $K= 20$ que multiplicado por las unidades de longitud y peso diera cifras enteras. Se define como el peso en gramos en una longitud de 9 000 metros de hilo.

Relación entre Ne y Denier: $Ne = 5\,314/\text{Denier}$.

2.2.2. Descripción del manejo de la materia prima

El manejo adecuado de la materia prima es la primera etapa de una buena gestión de calidad. En la planta de tejido la materia prima ingresa por contenedores de parte de distintos proveedores. Estos son recibidos en el área de bodega de hilo. Los contenedores son descargados por el personal de bodega, el cual lo almacena en forma ordenada y clasifica los distintos tipos de hilo. La materia prima es adquirida por el departamento de compras con base en las órdenes de producción que el cliente confirma o bien una proyección, tomando en cuenta que en compra debe incluirse la merma, lo cual corresponda 2 % para la fibra larga y 3 % para la fibra corta.

La bodega de materia prima se encuentra ubicada dentro de la planta de producción, en un espacio con clima húmedo controlado por un sistema de humectadores. Un clima húmedo mantiene las propiedades físicas del hilo en buenas condiciones.

La materia prima es despachada a las máquinas de producción conforme la planificación diaria. Esta es transportada por montacargas hasta la máquina para que el operario tejedor inicie el proceso de carga de máquina con materia prima. Para este proceso es importante la limpieza en el área. El manejo del hilo debe hacerse con las manos limpias, por ello hay dispensadores de antibacterial para limpiar las manos de las personas que manipulan la materia prima. Es indispensable proteger el hilo fibra larga o poliéster es con bolsa plástica para evitar suciedad que el ambiente puede provocar.

2.2.3. Revisión y control de calidad de materia prima

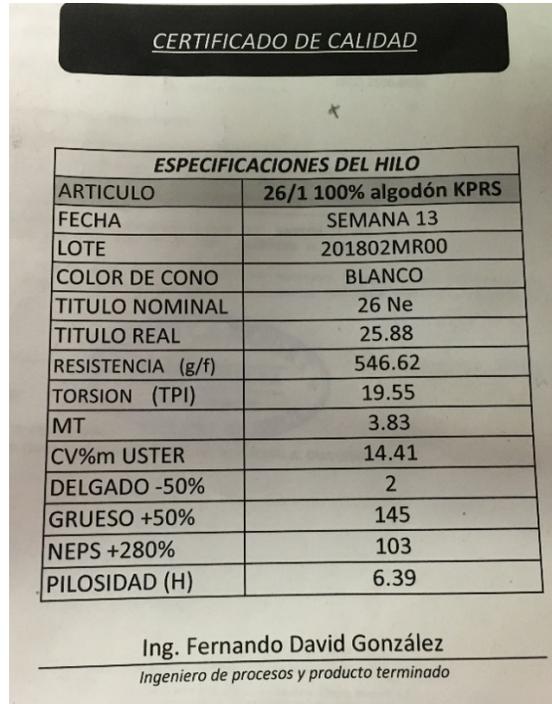
Se audita una muestra representativa de cada tipo de hilo en el laboratorio de hilatura con maquinaria Uster para determinar la calidad del mismo y generar el certificado de calidad que compruebe los estándares utilizados en la materia prima.

La materia prima se compra a distintos proveedores. Para la recepción de la misma se exige el certificado de calidad del producto; sin este, la materia prima no es ingresada a la planta. Además, para comprobar la calidad del producto se lleva una muestra representativa al laboratorio de calidad de la planta hilaturas, para hacerle pruebas de resistencia, torsión, y titulación.

La revisión de cada cono de hilo es realizada por los operarios tejedores y los reparadores de producción. Al momento de cargar las máquinas se inspecciona que el hilo se encuentre en buen estado y sin exceso de aceite. Esta prueba es visual y de tacto.

El certificado de calidad del hilo está elaborado con datos de especificaciones de hilo. Se detalla el artículo, en donde se indica el porcentaje de fibras que utiliza y el tipo de hilado que contiene, la fecha de fabricación del hilo y el lote que identifica la partida del hilo, el color del cono para que no sea confundido por los operarios tejedores, el título nominal y el título real, la resistencia (g/f), la torsión (TPI), MT, CV Uster, las partes delgadas y gruesas además de los NEPS y la pilosidad del hilo (estos datos son calculados por medio de las máquinas Uster).

Figura 16. **Certificado de calidad del hilo**



The image shows a quality certificate for thread. At the top, there is a black header with the text 'CERTIFICADO DE CALIDAD' in white. Below this is a table titled 'ESPECIFICACIONES DEL HILO'. The table has two columns: 'ARTICULO' and '26/1 100% algodón KPRS'. The rows list various specifications: FECHA (SEMANA 13), LOTE (201802MR00), COLOR DE CONO (BLANCO), TITULO NOMINAL (26 Ne), TITULO REAL (25.88), RESISTENCIA (g/f) (546.62), TORSION (TPI) (19.55), MT (3.83), CV%_m USTER (14.41), DELGADO -50% (2), GRUESO +50% (145), NEPS +280% (103), and PILOSIDAD (H) (6.39). At the bottom of the certificate, the name 'Ing. Fernando David González' is printed, followed by his title 'Ingeniero de procesos y producto terminado'.

ESPECIFICACIONES DEL HILO	
ARTICULO	26/1 100% algodón KPRS
FECHA	SEMANA 13
LOTE	201802MR00
COLOR DE CONO	BLANCO
TITULO NOMINAL	26 Ne
TITULO REAL	25.88
RESISTENCIA (g/f)	546.62
TORSION (TPI)	19.55
MT	3.83
CV% _m USTER	14.41
DELGADO -50%	2
GRUESO +50%	145
NEPS +280%	103
PILOSIDAD (H)	6.39

Ing. Fernando David González
Ingeniero de procesos y producto terminado

Fuente: KNIT, planta de tejido.

2.3. **Proceso de producción**

El proceso de producción de la planta de tejido inicia con la recepción de la materia prima. Como se mencionó, antes de ser cargadas, las máquinas de tejido circular son preparadas por el departamento de mantenimiento, el cual calibra todas las partes de la máquina y monta el diseño en las levas, inspecciona las agujas para que sean adecuadas al diseño, calibra las velocidades, las tolerancias en los ajustes de cilindro, plato, agujas, guía hilos (son de centésimas de milímetros). El personal es altamente capacitado y supervisado por ingenieros extranjeros, quienes cuentan con alta experiencia en la calibración de este tipo de maquinaria.

Una vez la máquina tiene todas las condiciones para tejer de buena manera, el departamento de producción toma la responsabilidad, enhebra agujas y anuda conos de hilos. El jefe de producción o el asistente deben programar la máquina para que a cierta cantidad de vueltas se detenga una vez se haya conseguido el peso de rollo estándar de 55 libras. Luego, el operario tejedor debe estar pendiente de que la máquina no suelte hilos o rompa agujas; si esto llega a pasar debe solucionar el problema para continuar tejiendo de buena calidad.

Una vez el rollo llega al peso estándar, el encargado de ingresar los rollos al sistema pasa recogiendo a cada máquina y las lleva al área de pesaje, en donde se registra el dato del peso total del rollo y se ingresa al sistema según máquina, hilo, lote y orden de trabajo.

El rollo pasa al área de revisión del departamento de control de calidad, en donde es inspeccionado físicamente para encontrar defectos. En este momento, el rollo es clasificado como tela A si no cuenta con defectos y tela H si el rollo tiene defectos críticos. Este sistema está basado en ponderación por defectos para determinar la calidad de cada rollo. Si este tiene defectos que se pueden eliminar cortando la tela se realizan cortes y se une con máquina de coser.

El rollo pasa a empaque en donde lo pesan nuevamente y es empacado, listo para transferir a bodega.

Allí es clasificado según la máquina de tejido y colocado en góndolas, esperando ser despachado a la planta de teñido y acabado.

Figura 17. **Descarga de rollo en máquina**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

2.3.1. Descripción general de los productos

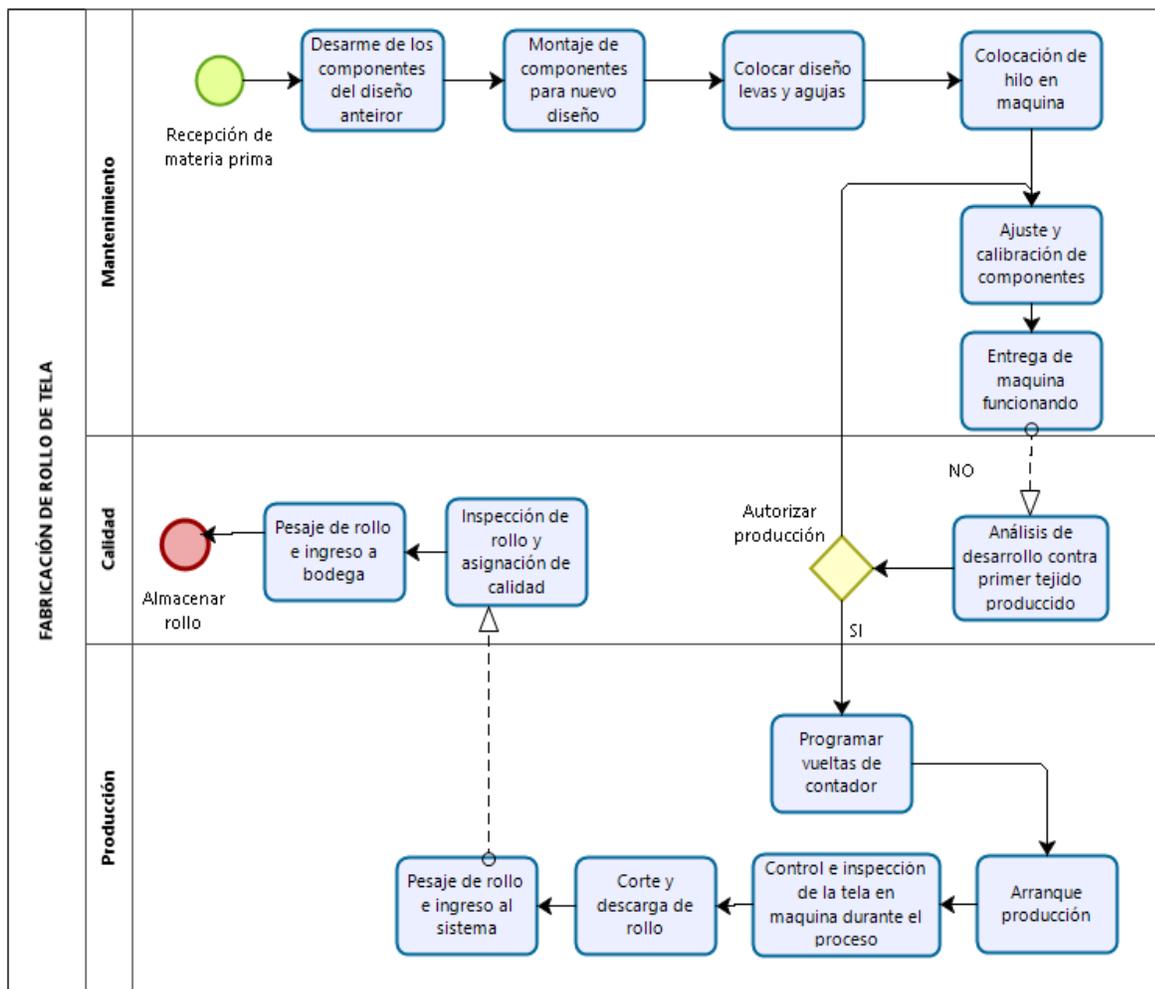
Los productos que se fabrican en la planta de tejido son clasificados por tipo de fibra, corta o larga, y por tipo de tejido, una fontura o doble fontura. En la planta se cuentan con 90 máquinas de tejido circular, entre ellas, 65 máquinas de doble fontura y 25 máquinas de una fontura.

Los productos de línea o más comunes son el jersey, interlock, rib, jersey y fleece. Estos productos sufren modificaciones en la longitud de malla y el título de hilo y hacen que cambie el peso y apariencia en nuevos tipos de tela. Estos productos se pueden realizar con distintas mezclas de fibras para lograr nuevos efectos en el área de teñido.

2.3.2. Diagrama de flujo de proceso de producción

El flujo grama del proceso de producción muestra un detalle del paso a paso de las distintas actividades que se realizan para la fabricación de los rollos de tela.

Figura 18. Diagrama de flujo de proceso de producción



Fuente: elaboración propia, con base a información de planta de tejido.

2.3.3. Descripción del control del proceso

El proceso productivo está controlado principalmente por el departamento de calidad a través del gestor de proceso, el cual se encarga de auditar diariamente la planta de producción en donde evalúa la limpieza y el orden en áreas de trabajo, la calibración de maquinaria como, guía hilos, filetas, cerámicos, lubricación, revoluciones. El gestor realiza rutinas diarias para mantener el control y cualquier problema es reportado al área de producción o mantenimiento según corresponda el caso. Los operarios tejedores son sancionados según código de disciplina si algún problema es causado por descuido.

Además del reporte inmediato que el gestor realiza a los departamentos encargados, se genera un reporte de inconformidades encontradas para llevar un registro. Este es presentado por el departamento de calidad todos los días en una reunión de resultados diarios, que lleva a cabo las jefaturas de cada área.

2.3.4. Proceso de tejedores

Los operarios tejedores son los responsables de producir la tela, además de ser los primeros inspectores de la misma. A continuación, se enlistarán las actividades de los operarios:

- Verificar que la materia prima cumpla con los estándares de calidad.
 - Revisar título de hilo
 - Tonalidad y brillantez
 - Revisar defectos en el hilo
 - Enconado en buenas condiciones
 - Revisar lote de hilo
 - Revisar color de bobina

- Revisar proveedor
- Evitar que salgan defectos en la tela
 - Revisar permanentemente la tela en el área de enrollado para detectar barras, agujeros, líneas, manchas, contaminación
 - Detener el telar y solucionar el defecto o reportarlo a mantenimiento
 - Colocar un sticker al detectar una malla o caída de tejido en el telar
- Cumplir peso estándar de 25 kg o 55 libras
 - Revisar funcionamiento del contador RPM
 - Contar con tijeras afiladas
 - Estándar de acuerdo a ficha técnica
 - Línea de seguridad (texturizado)
 - Colocar bolsa plástica en rollo texturizado
 - Alfombra de descarga de rollo limpia
 - Mantener el eje enrollado y sus extremos limpios
 - Revisar la tela para detectar defectos
 - Programar el contador de RPM en cada corte
 - Limpiar con aire comprimido el tiraje y el agujado en cada corte de rollo
- Mantener la eficiencia del telar.
 - Mantener una eficiencia mínima del 80 % en hilado
 - Mantener una eficiencia mínima de 92 % en texturizado
 - Buen estado de los sistemas de limpieza
 - Buen estado de los sistemas de lubricación
 - Ajuste correcto de disparos de agujas

- Identificación máquina y lote en el rollo para evitar confusión.
 - Colocar número de máquina y lote en el rollo
 - Colocar etiqueta impresa en rollo
 - Colocar el rollo en área de alfombra

- Colocar correctamente el hilo de producción en las filetas.
 - Mantener las bobinas en la dirección correcta
 - Bobinas de poliéster cargar horizontalmente
 - Bobinas de poliéster con bolsas
 - Realizar la cola de transferencia dejando máximo de ¼ pulgada

- Evitar puntos de contacto que provoquen desgaste o desfilamentar el hilo y, por consiguiente, defectos en la tela.
 - Tensiones, palpar los hilos para evitar desviaciones
 - Cerámicas completas en todos los puntos
 - Guía hilos ajustados en posición y tipo de agujero utilizado
 - Tubos guía hilos en buen estado
 - Purgadores completos y enhebrados
 - Tensores uniformes y ajustados
 - Disparos de hilo funcionando sus focos y el sistema de paro
 - Uniformidad de hilo en alimentadores

2.3.4.1. Corte de rollo a N vueltas

El cálculo para conocer el número de vueltas que debe dar la máquina de tejido para llegar al peso de rollo se es actualmente de 700 vueltas. Se cortan lo que lleva el rollo con ese número de vueltas, se pesa y por medio de una regla de tres se calcula el número de vueltas que son necesarias para llegar al peso estándar de 55 libras o 25 kilogramos.

Ejemplo de cálculo de vueltas:

700 vueltas = 13 libras

X vueltas = 55 libras

$$X = (700 \text{ vueltas}) (55 \text{ libras}) / (13 \text{ libras}) = 2961 \text{ vueltas}$$

Figura 19. **Corte de rollo en máquina**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

2.3.4.2. Cálculo de N vueltas para peso de rollo estándar

Al llegar al número de vueltas programado en la máquina, esta se detiene para poder retirar el rollo. El corte del rollo se realiza en la varilla de enrollado, para que quede tela para iniciar el nuevo rollo.

El operario tejedor corta el rollo con una tijera industrial y arma el sistema de enrollado de la máquina para iniciar un nuevo rollo de tela. El rollo ya producido es llevado al área de pesaje.

Figura 20. **Contador de vueltas completo**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

2.3.5. **Proceso de revisión**

El área de revisión se encarga de inspeccionar el 100 % de la tela que se teje en la planta. Esta inspección es totalmente física. La planta cuenta con 5 revisadoras equipadas con luz blanca, pantalla contra luz y luz UV, además de un potenciómetro para regular la velocidad con que pasa el tejido por los rodillos.

Los 5 revisores trabajan turno de 12 horas y existen dos turnos por día. Cada revisor tiene como meta inspeccionar 120 rollos en un turno; por ello, la velocidad es importante pero el objetivo es que en la tela sea detectado cualquier defecto. Estos defectos pueden ser físicos como de diseño.

El procedimiento consiste en que cada revisor se enfoca en los rollos más recientes. De esta manera se podrá reportar cualquier anomalía en el telar sin que este desperdicie algún rollo. Los rollos son tomados por cada revisor y colocado en la revisadora, la cual cuenta con un sistema de rodillos para desenrollar la tela y plegarla. Toda la tela pasa por la pantalla a contraluz la cual se enciende tres veces por rollo, al inicio, en medio y al final de cada rollo inspeccionado, con el fin de hacer un muestreo y revisar partes a contraluz y con luz normal. Al terminar de inspeccionar una cara del rollo, la tela es regresada manualmente a la parte de delante de la revisadora. En este momento es donde se inspeccionan tramos del rollo por la luz UV para revisar que no lleve contaminación de fibras entre poliéster y algodón. Se pasa nuevamente el rollo con la cara contraria para ser inspeccionado de ambos lados. Al terminar la inspección, el rollo es empacado y amarrado para trasladarlo al área de empaque.

Los defectos de la tela más comunes que se encuentran en el área de revisión son mallas, caídas, barrado, hilos sucios, piquetes o agujeros, entre otros. Algunos provocan que se corte un tramo del rollo, otros clasifican automáticamente el rollo con calidad H. La calidad H es todo aquel producto que no cumple con la calidad deseada y luego es almacenado para liquidar.

Los rollos cuentan con etiqueta con código de barra en donde se registra en el sistema todos los defectos encontrados por los revisores. Esto se hace a través de un método de ponderación por defectos en donde automáticamente se clasifica un rollo como calidad A o H. Este sistema permite llevar la eficiencia del personal de revisión y detectar con facilidad quien reviso el rollo.

Los defectos que convierten en segunda el rollo de tela son:

- Reventones
- Piquetes
- Manchas (aceite, grasa)
- Hilo sucio
- Contaminación
- Líneas de aguja
- Calidad de tejido
- Hilo doble
- Cortes en tela
- Barra crítica

Se debe revisar el 100 % de la producción programada (120 rollos/día por revisor), con las siguientes especificaciones:

- El rollo debe revisarse 50 % una cara y 50 % la otra cara sobre la máquina de inspección.
- Debe colocarse en los rodillos de desenrollado y verificar que no estén dañados.
- El rollo al ser inspeccionado debe quedar en forma plisada.
- Utilizar la luz a contraluz para su inspección al 100 %.
- Debe utilizarse la luz UV para verificar extremos de rollo y otras partes necesarias.
- Utilizar las luces frontales de 2 a 3 veces para asegurar que el rollo no tenga barras o contaminación.

- Si es necesario, debe revisarse 100 % las dos caras.
- Los defectos deben anotarse en el formato 4 puntos.
- Debe revisarse el código de tela con la tela física.
- Parar por lo menos 3 veces dentro del rollo para efectuar una revisión minuciosa.
- Pasar la tela a una velocidad de 25 ydas/m

Figura 21. Área de revisión



Fuente: KNIT, planta de tejido.

2.3.5.1. Método de ponderación por defecto

El método de ponderación por defecto es un sistema que pondera cada defecto con un valor. Cuando un rollo llega a 40 puntos, el sistema automáticamente lo clasifica como rollo calidad H. La ponderación de cada defecto fue revisada por el Jefe de Calidad de tejido y el Jefe de Planta de tejido. Este sistema utiliza el método de escaneo de código de barra, en el cual se colocó

los defectos más comunes con código de barra para que los revisores únicamente tengan que escanear y automáticamente el sistema lleva el conteo de defectos.

- Sistema para contabilizar los defectos en la tela: cada defecto se contabiliza con 1 punto si el defecto no es crítico, si es crítico se penaliza con 4 puntos. Se van sumando los defectos y si la puntuación sobrepasa los 40 puntos el rollo se clasifica calidad H, de segunda, y se para el telar para que producción coordine la intervención mecánica a efectuar.
- Sistema para contabilizar los máximos por defecto que se tolerarán: no debe reportarse más de las siguientes cantidades de defectos, lo cual haría H el rollo:
 - Más de 3 cortes por rollo
 - Más de 6 piquetes críticos por rollo
 - Las mallas deben eliminarse del rollo
 - Las manchas deben limpiarse
 - Las barras deben esperar la prueba de teñido

Figura 22. Sistema de ponderación de defectos

COD	DEFECTO	PTOS	CNT	TOTAL
1	REVENTONES	1		
15	BARRADO DV	1		
19	PIEQUETE POR AGUJA	1		
20	EMPALMES	1		
23	CAIDA DE TEJIDO	1		
24	BARRADO LEVE (TEXTURI)	1		
25	HILO SUCIO	1		
34	MALLAS POR DESLIZADO	1		
35	CORTES EN LA TELA	1		
42	LINEAS DE AGUJAS	1		
52	LIGAMENTO	1		
57	REVENTON DE LICRA	1		
64	BARBA CRITICA	4		
73	LICRA SUELTITA	1		
76	AGUJA LASTIMADA (PARA ABRIR)	1		
77	LINEAS DE ACEITE	1		
80	MICRO PIQUETES DISPERSOS	1		
9	ROLLO CON CUBA	1		
10	ROLLO SIN CUBA	1		
21	HILOS GRUESOS	1		
22	HILOS DELGADOS	1		

Fuente: KNIT, planta de tejido.

2.3.5.2. Criterio de revisores

Se busca homogenizar el criterio de los revisores a través de la capacitación y experiencia brindada por operadores más antiguos. El criterio es muy importante para ponderar los defectos de forma adecuada y que no existan rechazos ni desperdicios.

Figura 23. **Revisión a contraluz**

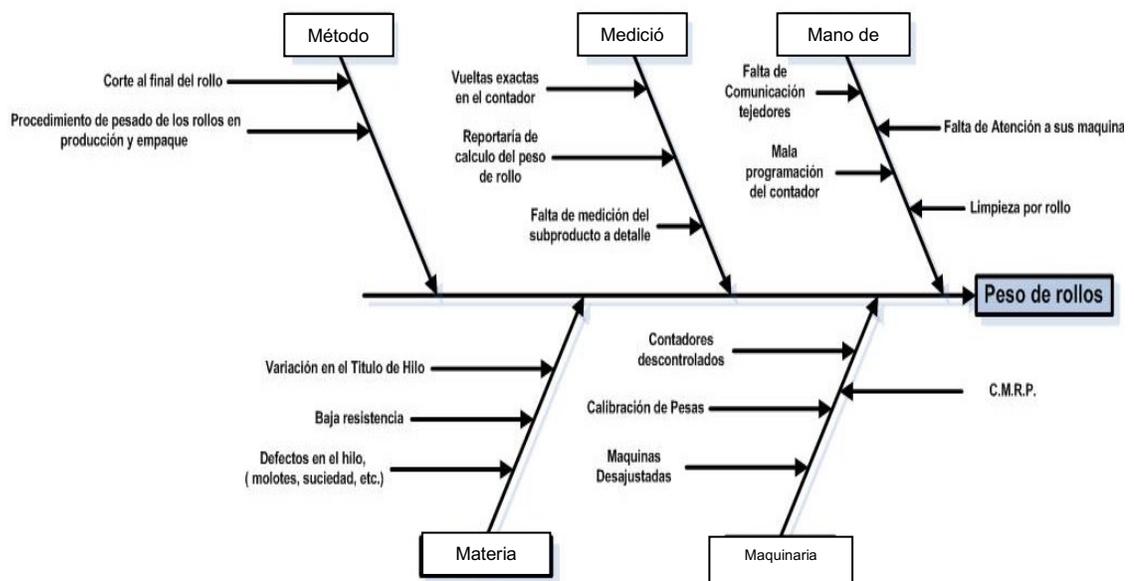


Fuente: KNIT, planta de tejido.

3. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE AFECTAN EN EL PESO DEL ROLLO DE TELA

El peso del rollo de tela se ve afectado por distintos factores, los cuales serán objeto de análisis y estudio en el desarrollo del presente capítulo por medio de la utilización del diagrama Ishikawa.

Figura 24. Diagrama Ishikawa de sobre peso de rollos



Fuente: elaboración propia.

3.1. Materia prima

La materia prima para la elaboración de rollos de tela es el hilo. Existen distintas fibras para su elaboración, clasificadas en naturales, mezclas y sintéticas. Además de las fibras, los hilos se clasifican por su título o denier.

Para el hilo se debe establecer parámetros que cumplan con la aceptación para mantener la calidad de la tela. Es necesario controlar dichos parámetros a lo largo de todo el proceso para garantizar un producto de alta calidad, desde la recepción del hilo en donde se evalúa por proveedor cada lote que se recibe.

3.1.1. Información de proveedores

Los proveedores de hilo son seleccionados por los tipos de fibra que son requeridos. Además, hay alianzas estratégicas con cada uno de ellos para mantener precios y calidades. La mayoría son proveedores extranjeros, por lo tanto, es importante la gestión de los pedidos para evitar demoras en la entrega de las cargas.

3.1.1.1. Textufil

Es una empresa salvadoreña fabricante de hilos texturizados. Distribuyen a la fábrica todos los hilos sintéticos de fibra poliéster para tejido circular. Tiene altos estándares de calidad, además de sostenibilidad ambiental para el cuidado de su proceso y productos.

Se exige al proveedor la entrega de la ficha de calidad de cada tipo y título de hilo, y es analizado al azar por lote en el departamento de calidad.

3.1.1.2. Unifi

Es una empresa de textiles brasileños especializada en el hilado multifilamento de poliéster. Distribuye los hilos mezcla, los cuales componen un porcentaje de poliéster y otro de algodón. Los porcentajes son controlados según los requerimientos para la fabricación de la tela y monitoreados por la ficha de

control de calidad, además de la comprobación física por lote en la fábrica para determinar el costo por fibra.

3.1.1.3. Imperial

Es una empresa guatemalteca de hilatura de fibra natural como el algodón y algunas mezclas con poliéster. Un alto porcentaje de su producción es exportada. Es el proveedor principal de los hilos hilados, fabricados a base de algodón. Manejan la calidad del mismo por la ficha de calidad, para garantizar que el título del hilo sea el necesitado.

3.1.2. Análisis estadístico de la titulación de hilo

Los datos resultantes de la variación de títulos de hilo son almacenados para realizar un análisis estadístico, el cual se basa en la comparación de la variación de una población de los títulos de hilos más utilizados en la producción, contra el valor nominal del título. Así mismo, los valores son comparados en los últimos tres lotes de hilo recibidos en la fábrica de producción en el año analizado.

El análisis de la variación de estos parámetros es importante directamente en la calidad de la tela, debido a que un título o denier distinto entre conos de hilos puede afectar la textura de la tela, así como presentar problemas mayores en la máquina de tejido y provocar costos de reparación o mantenimiento

La medición de la titulación de hilos se realiza con el hilo hilado 30/1 100 % algodón, 30/1 60 % algodón 40 % poliéster y 70/72 100 % poliéster texturizado. Estos son los hilos más utilizados en los productos de cada temporada, específicamente en el año analizado.

El sistema de titulación se utiliza por la relación distancia peso. Dicho sistema permite clasificar tanto para hilados como para hilos texturizados. El sistema de titulación para hilados se clasifica en dos, directos e indirectos.

En los sistemas directos la longitud del hilo se mantiene fija pero el peso varía. El resultado de este sistema es que mientras más elevado es el número, significa que más grueso es el hilo.

3.1.2.1. Recopilación de datos de títulos de hilos

Se obtienen datos de los títulos de hilo según su fibra. Los valores obtenidos son una muestra representativa y se compara con el título nominal de cada hilo para analizar la variación.

Tabla I. Título nominal vs real hilo algodón 30/1

No. Cono	Fibra	Filamento	Título nomina	Título real	Variación
1	Algodón	1	30	29,98	0,02
2	Algodón	1	30	29,95	0,05
3	Algodón	1	30	30,03	-0,03
4	Algodón	1	30	30,08	-0,08
5	Algodón	1	30	30,09	-0,09
6	Algodón	1	30	29,87	0,13
7	Algodón	1	30	29,98	0,02
8	Algodón	1	30	29,99	0,01
9	Algodón	1	30	30,08	-0,08
10	Algodón	1	30	30,00	0,00
11	Algodón	1	30	30,00	0,00
12	Algodón	1	30	30,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Título nominal vs real hilo mezcla 30/1 60/40**

No. Cono	Fibra	Filamento	Título nomina	Título real	Variación
1	Algodón	1	30	29,97	0,03
2	Algodón	1	30	30,00	0,00
3	Algodón	1	30	30,03	-0,03
4	Algodón	1	30	30,01	-0,01
5	Algodón	1	30	30,02	-0,02
6	Algodón	1	30	29,99	0,01
7	Algodón	1	30	29,98	0,02
8	Algodón	1	30	29,99	0,01
9	Algodón	1	30	30,02	-0,02
10	Algodón	1	30	29,99	0,01
11	Algodón	1	30	29,98	0,02
12	Algodón	1	30	30,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Título nominal vs real hilo poliéster 70/72**

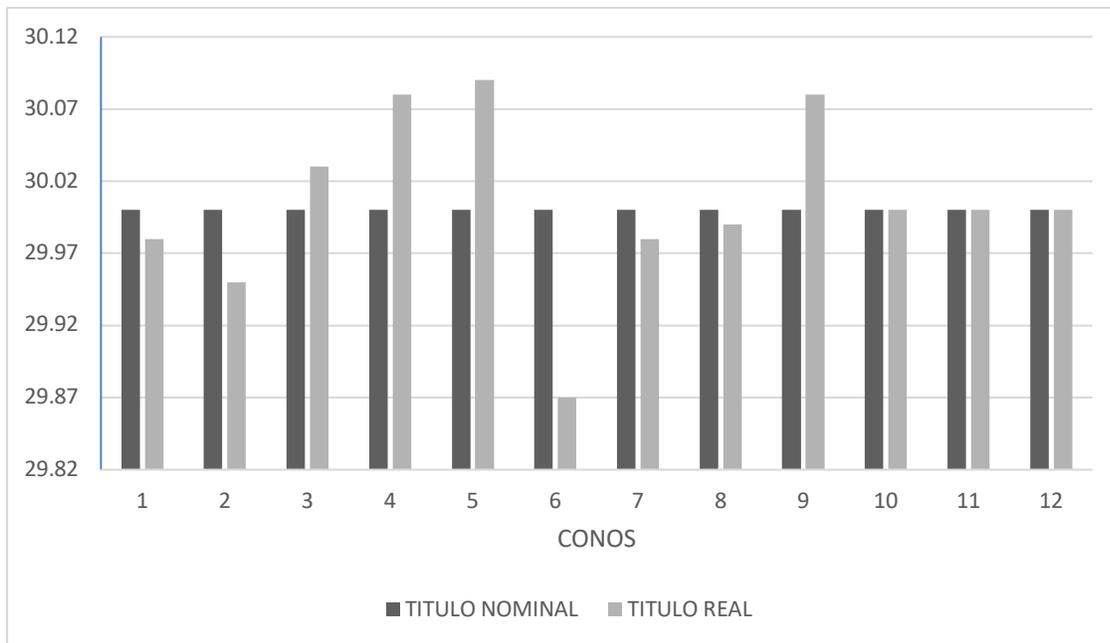
No. Cono	Fibra	Filamento	Título nomina	Título real	Variación
1	Poliéster	72	70	69,97	0,03
2	Poliéster	72	70	69,95	0,05
3	Poliéster	72	70	70,10	-0,10
4	Poliéster	72	70	70,23	-0,23
5	Poliéster	72	70	69,86	0,14
6	Poliéster	72	70	69,87	0,13
7	Poliéster	72	70	70,00	0,00
8	Poliéster	72	70	70,03	-0,03
9	Poliéster	72	70	69,98	0,02
10	Poliéster	72	70	69,97	0,03
11	Poliéster	72	70	69,97	0,03
12	Poliéster	72	70	69,96	0,04

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.2. Histograma de titulación

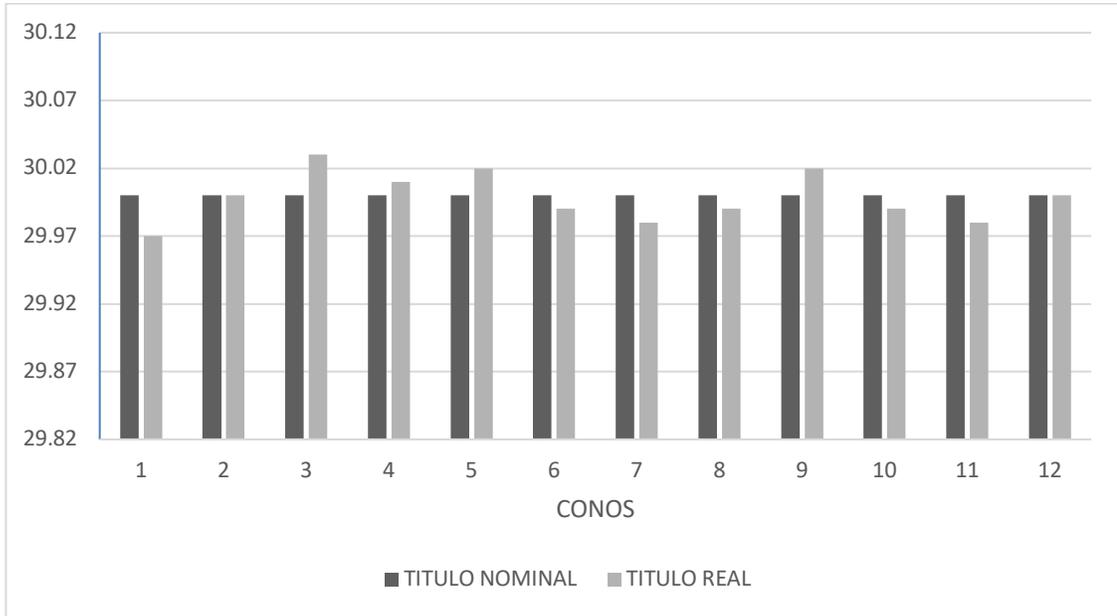
El título de los hilos según su fibra es representado de forma gráfica para el análisis de la variabilidad que se encuentre en la muestra representativa. La superficie de cada barra indica la frecuencia de los valores del título representado.

Figura 25. Histograma hilo algodón 100 % título 30/1



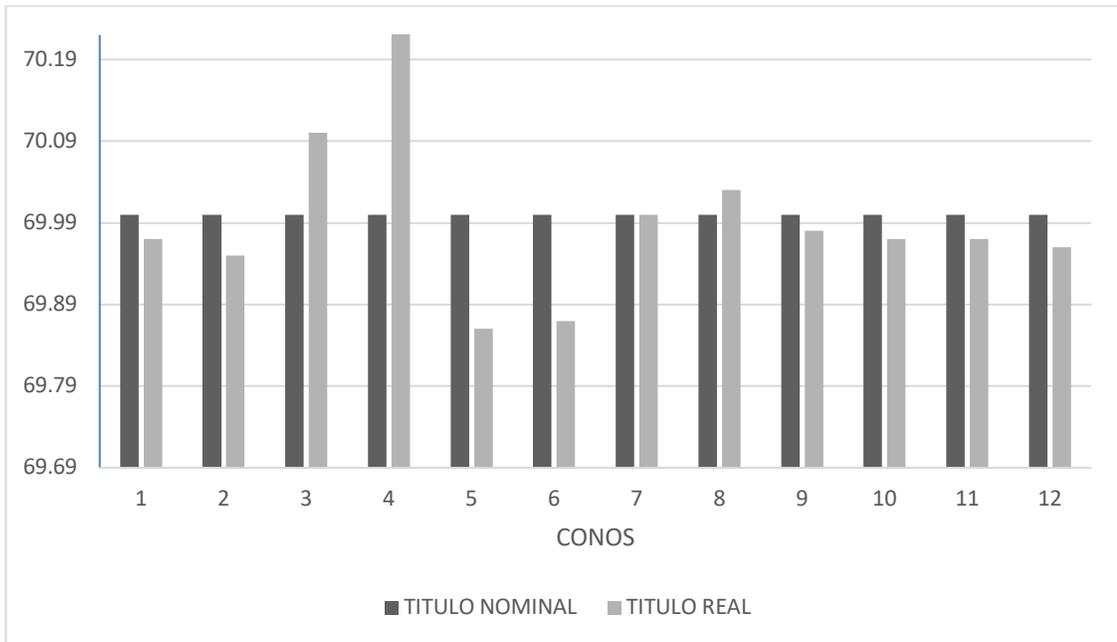
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Histograma hilo mezcla 30/1 60P/40A**



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Histograma hilo poliéster 70/72**



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Resultados de variaciones de títulos de hilo

Con el histograma se observan los rangos de variación de los hilos analizados:

- Hilo hilado 30/1 100 % algodón: en este histograma se observa que los rangos de variación se encuentran con variaciones significativas en algunos conos. Se debe determinar la causa de estas variaciones en estos conos. El intervalo de variación del mismo tiene área de mejora, ya que oscila entre 29,87 y 30,9. Esto puede ocasionar mayores problemas en el telar al encontrar segmentos del mismo de un grosor mayor o menor al calibrado en la máquina, causando variación directa en el peso del rollo de tela. La calidad de este hilo en cuanto su titulación es estable pero mejorable.
- Hilo 30/1 60 % algodón 40 % poliéster: en la gráfica de histograma se muestra que el intervalo 29,7 a 30,03 de variación de este título de hilo es más estable, por lo que puede considerarse aceptable en la muestra estudiada. Los márgenes de mejora en el intervalo son mínimos y permisibles. Esto provoca menores problemas de ruptura en la máquina de telar.
- Hilo 70/72 100 % poliéster texturizado: el histograma de este hilo representa menor variación 69,86 a 70,23. Tomando en cuenta la diferencia en el cálculo de titulación al ser un hilo texturizado sintético, se muestra estable y provoca menos problemas de calidad en la tela fabricada con este hilo. El margen de mejora es mínimo y reducir el rango del intervalo aumentaría costos en la compra de hilo.

3.2. Defectos que provocan cortes en la tela

Los fabricantes de tela tienen una lucha constante por reducir los porcentajes de defectos en la tela, principalmente aquellos que generan cortes en la misma. Hacer un corte en el rollo de tela tiene efecto tanto en la variación del peso del rollo como en la costura que une al rollo nuevamente, ya que este genera variación en las máquinas de tintorería y provoca problemas de calidad en el área de teñido. Además, afecta la tonalidad del color entre cada corte del rollo y provoca daños en los encogimientos de la tela al momento de compactar la tela en la máquina compactadora.

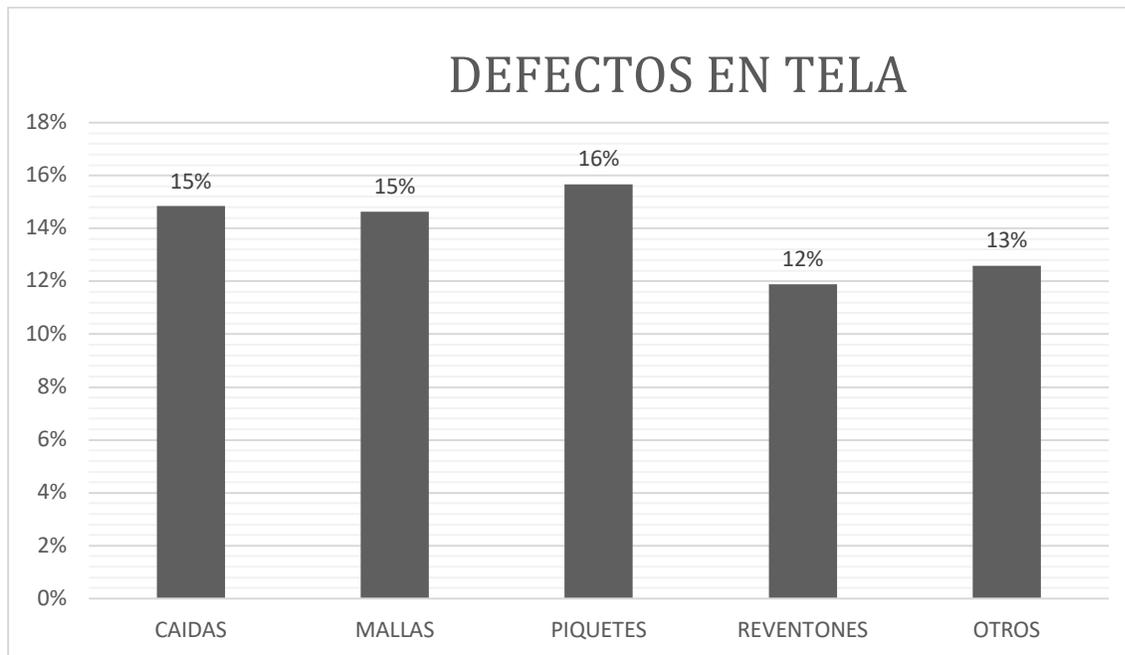
Los cortes en los rollos de tela son generados por el departamento de revisión e inspección, los cuales determinan si se requiere cortar un tramo de tela para eliminar uno o varios defectos y, de esta manera, evitar clasificar el rollo como tela de calidad H o de segunda.

Un corte en el rollo se puede producir por distintos defectos; estos son generados por problemas en máquina o en la operación. Es necesario clasificar y analizar los más recurrentes y determinar el grado de impacto que tiene cada uno en los cortes del rollo y la frecuencia con que estos se realizan.

3.2.1. Estudio de principales defectos que provocan cortes en la tela

Para determinar los principales defectos en la tela es necesario realizar un muestreo y clasificar los defectos más comunes, haciendo uso de gráficas que permitan visualizar la ponderación que representa cada uno de estos defectos detectados en una muestra:

Figura 28. **Gráfica representación de defectos en muestra**



Fuente: elaboración propia.

La figura 26 muestra la gráfica de defectos que provocan cortes en la tela, tomado de una muestra de los últimos 6 meses de producción, con 6 diseños distintos de tela. El 70 % de la tela producida con defectos que provocan cortes en la tela eran las caídas, mallas, reventones y piquetes, que forman el 57 % de defectos causantes de cortes en rollos de tela. El otro 13 % corresponde a otros defectos, los cuales provocan variación entre el peso registrado de producción y el peso despachado al cliente.

3.2.1.1. Caídas

Se clasifican como defecto caídas, aquellos agujeros de gran proporción que se visualizan en la tela, generados por roturas de hilo en el telar o problemas mecánicos. Estas caídas generan agujeros imposibles de coser o remendar; por

tal razón, es necesario realizar un corte en la tela en el tramo en donde se encuentra el agujero.

Si el rollo de tela posee más de tres caídas se considera el rollo como calidad H o tela de segunda.

3.2.1.2. Mallas

El defecto denominado mallas son aquellas líneas verticales que se observan en la tela, en donde una malla no se tejió de forma correcta debido a una ruptura o daños en una o varias agujas en el telar y no se realizó el cambio oportuno de agujas en el telar. Esto provocó tramos largos con la línea de malla y se tiene que realizar corte a dicho tramo.

3.2.1.3. Reventones

Los reventones, como su nombre lo indica, son rupturas de algún alimentador de hilo en el telar que provoca agujeros, más pequeños que las caídas pero visibles notoriamente en la tela. Provocan cortes en los tramos en donde se encuentren los reventones. Si un rollo posee más de tres tramos de cortes por reventones se debe detener inmediatamente la producción de esa máquina y hacer un diagnóstico para determinar la razón de los reventones. Estos pueden ser por problemas mecánicos o problemas en la calidad del hilo.

3.2.1.4. Piquetes

Los piquetes son aberturas más reducidas que los reventones. El personal de revisión posee agujas para tejer manualmente el pequeño agujero y, de esta manera, evitar realizar un corte en la tela. Cuando los piquetes son en cantidades

grandes y muy cercanas, no se pueden tejer y, por lo tanto, se debe realizar un corte en el tramo de tela afectado.

Los piquetes son generados por problemas en la lengüeta de la aguja, en la que el hilo se sale de la lengüeta y no hace la malla que corresponde, dejando un pequeño agujero. Se debe tomar en cuenta el nivel de vida del juego de agujas para evitar este defecto en la máquina o telar.

3.2.2. Análisis de subproducto producido por cortes en la tela

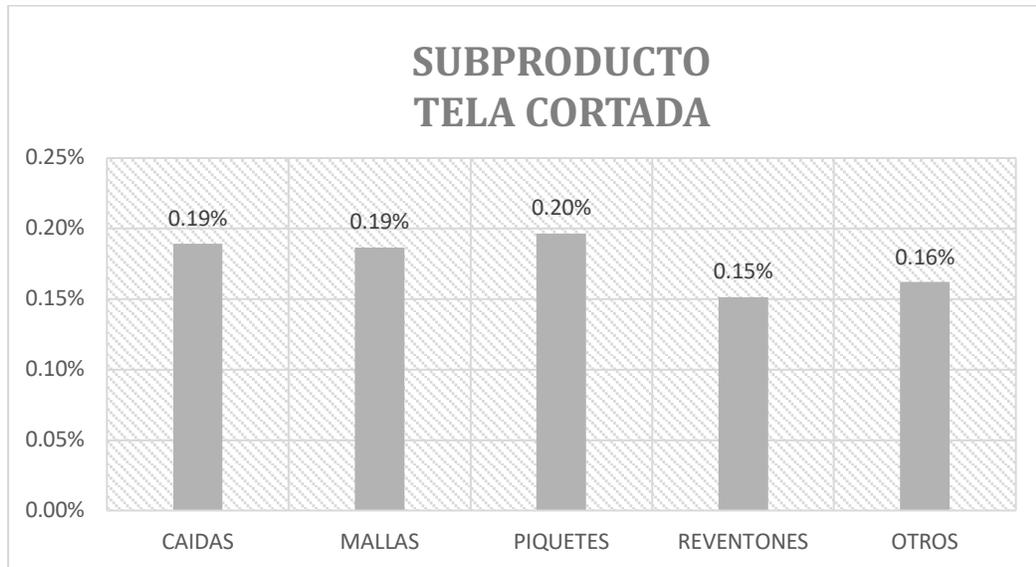
Los cortes realizados a los rollos de tela afectan el peso del rollo, y provocan un desperdicio importante en cada corte. La cantidad de tela es variable según el defecto y la proporción del mismo. Dicha tela cortada no es utilizable en producción y recibe el nombre de subproducto.

El subproducto es considerado una de las principales causas de pérdidas en la planta, que afecta directamente la utilidad de la misma y será analizada en el capítulo 4. Se estudia el efecto de realizar cortes, derivado de los principales defectos. Este análisis podrá determinar la cantidad de subproducto que se genera derivado de los principales defectos que provocan cortes.

3.2.2.1. Porcentaje de tela cortada

La cantidad de tela cortada provocada por los defectos afecta la calidad de la tela y representa pérdida para la planta. Los cortes de tela se representan de forma gráfica en porcentajes para estudiar los defectos que provocan una cantidad mayor de desperdicio.

Figura 29. **Subproducto de tela cortada por principales defectos**



Fuente: elaboración propia.

Se realizó el análisis de los últimos 6 meses de producción en la fábrica, de un total de 4 525 586,42 kg de tela producida fueron clasificados como subproductos; 40 092,92 kg, un 0,89 % del total de tela producida. La clasificación por defecto se presenta en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Kilogramos de tela cortada subproducto**

DESCRIPCIÓN	KG TOTALES	KG CORTADOS	% CORTE
CAÍDAS	671 720,05	8 556,92	0,19 %
MALLAS	662 597,16	8 449,80	0,19 %
PIQUETES	708 971,67	8 895,69	0,20 %
REVENTONES	537 650,80	6 852,93	0,15 %
OTROS	569 921,13	7 337,09	0,16 %
TELA CALIDAD A	1 374 725,62	0	0,00 %
TOTAL	4 525 586,42	40 092,92	0,89 %

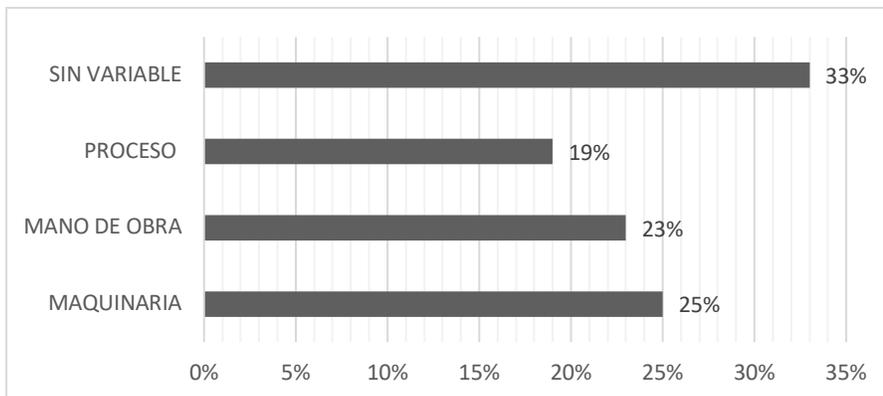
Fuente: elaboración propia.

3.3. Análisis de variables que afectan el peso del rollo

La materia prima y los defectos que producen cortes en la tela son algunas de las variables que afectan el peso del rollo de tela. Además de estas existen otras variables muy importantes a considerar como:

- Mano de obra
- Maquinara
- Procesos mal ejecutados o falta de procedimientos

Figura 30. Clasificación de factores que afectan peso de rollo de tela



Fuente: elaboración propia.

La figura 28 muestra la clasificación de variables o factores que afectan el peso del rollo. Las variables atribuibles a la maquinaria ocupan un 25 % de toda la producción, la cual corresponde a la producción de los últimos 6 meses y corresponde a 81 792 rollos de tela; el 23 % de las variables son atribuibles a la mano de obra, por problemas de manejo de la máquina o falta de atención a la misma. Un 19 % de la producción se ve afectada con defectos correspondientes al proceso como tal, lo que incluye la mala operación en la limpieza de las máquinas o calibración de contadores para medir número de vueltas que debe dar un rollo antes de ser desmontado de la máquina.

3.3.1. Detectar tejedores con más rollos fuera de estándar

Según lo analizado en la figura 28, la mano de obra tiene un 23 % de responsabilidad en el peso del rollo, debido a que en el proceso de fabricación varios operadores intervienen y en cada uno pueden existir fallas:

- **Revisores:** el criterio que utilicen para clasificar la calidad de un rollo o para medir el tamaño del corte para eliminar un defecto es de acuerdo a su percepción y experiencia. Por tal razón, se monitorea la cantidad de subproducto que es cortado por cada revisor, para controlar aquellos casos que excedan a un comportamiento normal, aunque actualmente no hay un estándar con este dato de subproducto.
- **Tejedores:** los tejedores tienen una alta inferencia en la calidad del rollo de tela. Existen errores que pueden cometer en el proceso, los cuales provoquen cortes o tela de mala calidad. Entre las principales causas atribuibles a la mano de obra encontramos:
 - **Falta de atención en la máquina:** esto sucede por distracciones o por acumulación de varias máquinas al mismo tiempo.
 - **Mal enhebrado de hilo en agujas:** la causa de este error se da por mala experiencia o capacitación, además de distracciones y estrés del operador. Se debe enhebrar 120 conos por máquina, además de enhebrar aquellos hilos que se rompen en el proceso de tejido.
 - **Falta de aceite en la máquina de tejido:** los niveles de aceite para la lubricación de la máquina y agujas debe ser óptima para evitar rupturas de la misma, pero existe varios operarios que no se percatan o atienden esta indicación a tiempo.

Tabla V. **Tejedores más rollos fuera de peso estándar**

Tejedor	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Pascual Socop	102	85	98	112	92	79	568
Octavio López	113	70	102	85	98	97	565
Manolo Pérez	90	94	92	115	100	73	564
Fabiano Aceituno	103	102	85	98	89	87	564
Ever Mérida	100	93	120	102	85	63	563
Hugo Matúl	60	119	113	70	102	98	562
Alex Urías	110	89	90	94	92	85	560
Jeremías Mérida	93	87	104	105	94	76	559
Waldemar Yop	101	84	82	102	85	98	552
Jonathan Muyuc	82	91	94	104	104	77	552

Fuente: elaboración propia.

Un total de 24 166 rollos se encuentran fuera del rango de 54 lb a 56,5 lb. La tabla V muestra los diez tejedores con más rollos fuera de estándar ingresados de la producción, sin haber sido revisados aún por el departamento de calidad.

3.3.2. **Detectar máquinas con más rollos fuera de estándar**

Las máquinas de tejido son calibradas según el diseño que se requiera colocar. Este trabajo le corresponde al departamento de mantenimiento. En ocasiones no basta con armar las máquinas para el diseño. El mantenimiento de las mismas es clave, además de un seguimiento en los primeros rollos de tejido para evitar que la máquina presente problemas mayores en una velocidad de producción mayor.

Hay defectos que son atribuibles a la maquinaria, como ajustes posteriores a la calibración o las rupturas de agujas, los cuales, según la figura 28, corresponden al 25 % de los defectos que provocan cortes, según los datos analizados de los últimos 6 meses.

Tabla VI. **Defectos por diseño**

DISEÑO	DEFECTOS
Interlock	18 064 rollos
Jersey Algodón	16 647 rollos
Jersey Mezcla	10 109 rollos
Fleece Mezcla	4 060 rollos
Fleece Algodón	4 055 rollos
Rib	4 021 rollos
TOTAL	56 956

Fuente: elaboración propia.

La tabla VI muestra que el diseño interlock presenta mayores defectos.

Tabla VII. **Máquinas con más defectos por diseño**

Interlock	
TC009	1 473 rollos
TC011	1 503 rollos
TC039	1 049 rollos
Jersey Algodón	
TC001	1 530 rollos
TC059	1 751 rollos
TC070	1 724 rollos
Jersey Mezcla	
TC002	1 510 rollos
TC090	1 284 rollos
TC099	1 289 rollos
Fleece Mezcla	
TC006	1 460 rollos
TC092	1 312 rollos
TC101	1 288 rollos
Fleece Algodón	
TC004	1 469 rollos
TC091	1 304 rollos
TC100	1 282 rollos
Rib	
TC008	1 478 rollos
TC095	1 287 rollos
TC102	1 256 rollos

Fuente: elaboración propia.

Las máquinas con mayor cantidad de rollos con defectos deben ser revisadas, diagnosticadas y reparadas por el departamento de mantenimiento, para evitar sigan sumando rollos con defectos. La planta de producción cuenta con 50 máquinas, de las cuales 37 están trabajando con los principales diseños que están siendo analizados.

3.3.3. Detectar errores más comunes que afectan el peso del rollo.

Los errores más comunes presentados en el proceso no son atribuibles directamente ni a la maquinaria ni a la mano de obra; por lo tanto, deben ser tratados de forma procedimental para cambiar el error común.

Tabla VIII. Defectos procedimentales

Error	Cantidad rollos
Falta limpieza	8 066
Contador vueltas	7 180

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior nos muestra la falta de limpieza, con un total de 8 066 rollos en los últimos meses. El procedimiento de limpieza es muy delicado, ya que puede causar daños en la máquina. Si no se realiza puede provocar otros defectos en la tela, como la presencia de mota o basura dentro del tejido.

El contador de vueltas es un defecto al que se le atribuyen 7 180 rollos fuera de estándar, debido a que la mala calibración del contador o la mala programación del mismo puede marcar un número incorrecto de vueltas que necesite el rollo para parar de tejer en el peso exacto. Este procedimiento de programación debe ser claro y entendible para los operarios, ya que son cálculos numéricos para aproximar las vueltas y cantidad de tejido en cada vuelta.

3.4. Evaluación del equipo de medición de peso de rollos de tela

La lectura del peso es tomada y almacenada con apoyo de varios instrumentos. Es necesario conocer, diagnosticar, comparar y conocer los detalles de la calibración de cada uno, para garantizar una lectura correcta y prolongar su funcionamiento en buenas condiciones.

3.4.1. Instrumentos técnicos

Los equipos o instrumentos técnicos para medir el peso de los rollos son un factor que influye en el mismo, ya que un equipo en mal estado dará lecturas erróneas. Para ello debemos enlistar todos los instrumentos utilizados en el proceso de producción, control de calidad y almacenaje de los rollos de tela:

- Báscula del departamento de producción: báscula digital marca Defender 2000 de capacidad 40 kg división mínima 5 g, de dimensiones largo, 35,8 cm; ancho, 35,5 cm; alto, 14,2 cm. Unidades de lectura kilogramo y libra.
- Computadora de lectura de producción: computadora de escritorio marca Dell con sistema diseñado por el departamento de informática, donde toma la lectura de la báscula y lo guarda en la base de datos con el número de rollo.
- Báscula del departamento de calidad: báscula digital con base marca Defender 2000 de capacidad 60 kg sensibilidad 10 g. De dimensiones largo, 60 cm; ancho, 40 cm; alto, 90 cm. Unidades de lectura en kilogramo y libra.

- Computadora de lectura de calidad: computadora de escritorio marca Dell con sistema diseñado por el departamento de informática, donde toma la lectura de la báscula y lo guarda en la base de datos con el número de rollo.
- Contador de vueltas de tejido en máquina: varios modelos según máquina de tejido, modelo y antigüedad.

3.4.2. Diagnóstico del equipo de medición

Los equipos o instrumentos de medición utilizados en el pesaje de los rollos de tela son dos básculas digitales, dos computadores de lectura y almacenamiento y los contadores de vueltas de cada máquina de tejido.

El diagnóstico o estado de cada equipo es:

- Báscula del departamento de producción: la báscula se encuentra ubicada al inicio del departamento de calidad. El estado visual de la báscula es aceptable, no posee daños físicos. El material se encuentra en buenas condiciones, no presenta óxido ni corrosión. Los botones de la báscula se encuentran gastados y algunos no son legibles. Es necesario ejecutar una prueba de calibración externa.
- Computadora de lectura de producción: el equipo se encuentra en malas condiciones; el botón de apagado y encendido no funciona, por lo que tienen interruptor externo al equipo. La condición de temperatura y la mota dañan constantemente el equipo; el software funciona perfectamente al leer el dato que muestra la báscula conectada y lo almacena en una base de datos a través de la red.

- Báscula del departamento de calidad: la báscula se encuentra al final del área de revisión. El estado físico no es el óptimo, ya que posee daños en el soporte de la báscula, además de golpes notorios. Hay muestra de corrosión por líquidos de limpieza que utilizan en algunas telas. Se requiere una prueba de calibración externa.
- Computadora de lectura de calidad: el equipo fue remplazado en meses anteriores y se encuentra en buenas condiciones físicas; el software fue probado y almacena los datos correctos que muestra la báscula.
- Contador de vueltas de tejido en máquina: se revisaron los 42 contadores de las distintas máquinas de los diseños estudiados. De ellos, 22 se encuentran en buenas condiciones, además que no presentan problemas en la pantalla; 13 se encuentran en estado malo, aunque presentan daños físicos como falta de botones de reinicio o raspones. Algunos números de la pantalla no se muestran correctamente, ya que están quemados algunos leds. Siete contadores se encuentran en estado crítico, ya que no encienden o su funcionamiento es intermitente.

3.4.3. Parámetro comparativo

Los equipos de medición, como las básculas, se compararon con los manuales de fabricación según los modelos y se evaluó que perdían la garantía al año de compra. Por tal razón se requiere realizar pruebas de calibración con una empresa externa.

Figura 31. **Báscula de pesaje Defender 2000**



Fuente: KNIT, planta de tejido.

3.4.4. Calibraciones y estado actual del equipo

Los equipos a los que se requiere hacer pruebas de calibración son las dos básculas, tanto la de producción como de la calidad. Para ello es necesario certificar los equipos. Este proceso requiere utilizar un grupo de pesas de comprobación certificadas por las normas OIML o ASTM para comprobar el rendimiento de los dispositivos de pesaje según el rango que corresponda de acuerdo con la clase de exactitud. La certificación de los equipos ser realizado según las normas de metrología 4 015 de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) y la 76-1 de la Organización Internacional de Metrología Legal. Para realizar estas pruebas y calibraciones es necesario contratar a una empresa externa.

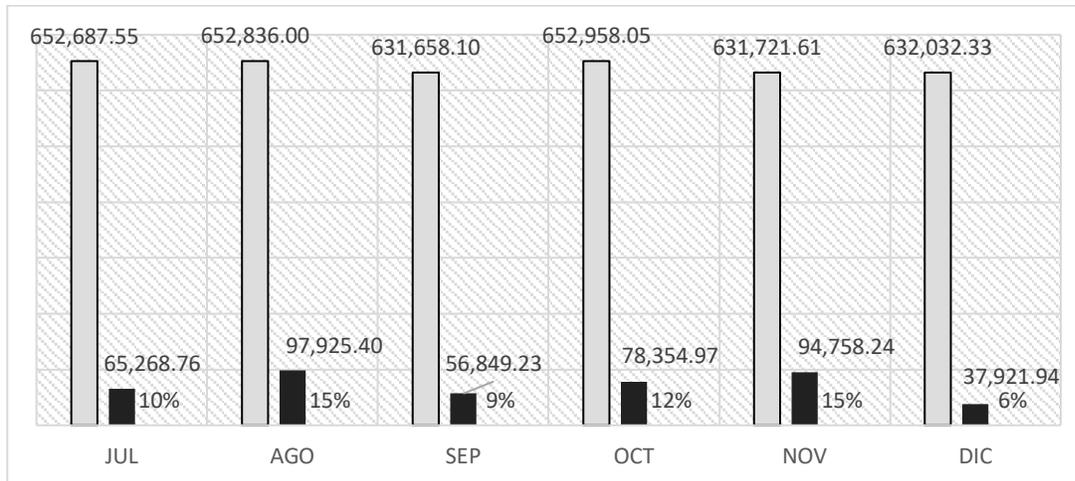
4. ESTUDIO DEL IMPACTO ECONÓMICO POR PESO DE ROLLO FUERA DE ESTÁNDAR

La productividad y calidad de los productos textiles afectan en la insatisfacción de clientes. Al ser un mercado altamente competitivo y con posibilidades de que los clientes puedan escoger entre varios ofertantes, la calidad se vuelve un factor de valor agregado fundamental. La pérdida de clientes insatisfechos conlleva un alto nivel de pérdidas económicas en la empresa, por ello es importante tener un panorama claro de cuánto implica en valores económicos la falla de este factor de calidad, como el peso de rollo de tela.

El impacto de mantener los rollos de tela en un peso estándar va más allá de un indicador de calidad o un factor de producción, además de pérdida de clientes. Producir con calidad defectuosa lleva a que la planta se vea afectada en el factor económico debido a que los rollos fuera de peso estándar tienen costos por corrección de defectos y reprocesos para corregir la calidad del mismo. Este nuevo proceso en búsqueda de la corrección podría representar aún más pérdidas para la planta que un rechazo del cliente, como perder el producto. Por ello se comparará entre costos por pérdida de materia prima y proceso de producción contra el proceso de reparación del defecto, con el fin de analizar medidas administrativas que mejoren esta problemática.

Se ha analizado los datos de libras devueltas en el semestre estudiado a la planta de producción, para determinar el porcentaje que representa la cantidad de libras devueltas por defectos, el cual se representa en la siguiente gráfica:

Figura 32. **Libras entregadas vs libras devueltas por cliente por mes**



Fuente: elaboración propia.

La figura 30 detalla las libras totales entregadas al cliente interno (planta de teñido) y la cantidad de libras devueltas. Se visualiza que en el mes de julio se devolvió el 10 % de todas las entregas; en el mes de agosto aumentó al 15 %; en septiembre un 9 %; octubre, con 12 % de devoluciones, es el tercer mes con más devoluciones; noviembre el 15 % y es junto con agosto los meses más altos de devoluciones; diciembre es el mes con 37 921 libras devueltas, equivalente a 689 rollos, aproximadamente. Estas devoluciones son tanto por rollos fuera de peso estándar como por defectos no tolerables para el cliente.

El costo varía entre diseños, debido a la utilización de distinta materia prima, consumo y velocidad de producción para cada diseño de tela fabricado. Se ha determinado el costo total por diseño, considerando costos directos e indirectos, los cuales se detallan por unidad dólar por libra. Además, transportar la tela ya terminada entre la planta de tejido y la planta de teñido varía por el volumen que representa el peso de la tela y el volumen de capacidad física que poseen las unidades de transporte. Este costo es considerado tanto para la entrega inicial

como para el rechazo y reproceso, debido a que la devolución del cliente es absorbida por la planta de tejido.

Tabla IX. **Costos por diseño**

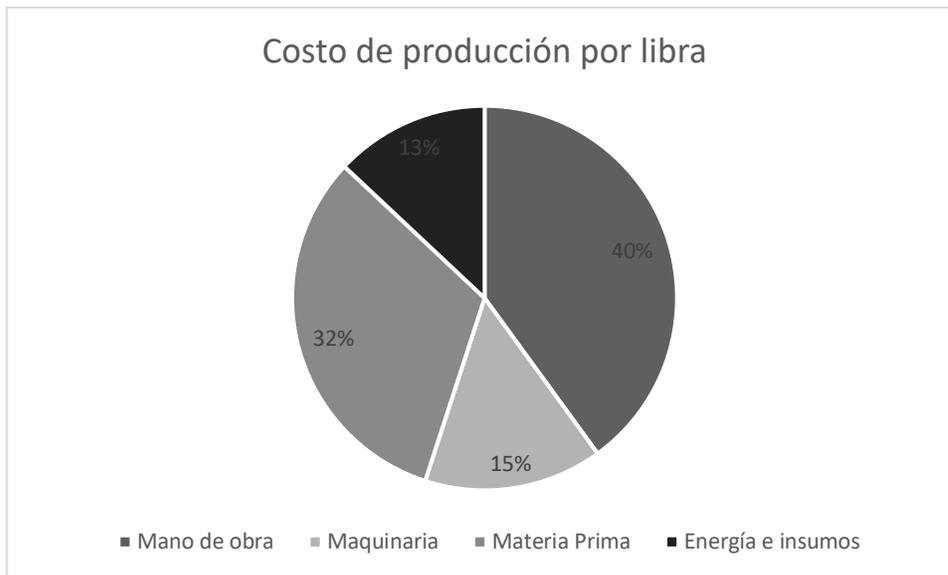
Diseño	Costo fabricación	Costos de transporte
Interlock	\$ 11 / libra	\$ 20 por 300 rollos
Jersey algodón	\$ 8,35 / libra	\$ 20 por 300 rollos
Jersey mezcla	\$ 9,50 / libra	\$ 20 por 300 rollos
Fleece mezcla	\$ 12 / libra	\$ 20 por 280 rollos
Fleece algodón	\$ 10,85 / libra	\$ 20 por 280 rollos
Rib	\$ 6 / libra	\$ 20 por 300 rollos

Fuente: elaboración propia.

Con esta representación de costos podemos multiplicar las libras devueltas por mes (diferenciar las que son devueltas por defectos y las que son devueltas específicamente por inconsistencia en el peso). Por el costo según cada diseño, y obtendríamos el valor monetario que representan esas libras devueltas en caso el cliente las rechazará completamente y no haya oportunidad de reprocesarlas y buscar la aceptación del cliente con un ajuste en el peso.

Estos cálculos de costo de producción por libra son aproximados, dependen de la negociación final con el cliente y el presupuesto de mano de obra que posea la planta. Además, se ve afectado el capital de inversión de compra de maquinaria, por lo que el costo varía en función de esa inversión. El costo determina el precio de venta final. Esta aproximación de costos para determinar el costo de producción está dada por la siguiente gráfica.

Figura 33. **Costo de producción estimado por libra de tela**



Fuente: elaboración propia.

Este costo está considerado a partir del producto de mayor valor que es diseño fleece mezcla, el cual es utilizado para hacer prendas de vestir como suéteres y pants.

Para realizar el estudio económico es importante comparar esta cifra determinada con la pérdida total de los productos con el peso fuera de estándar contra un costo por corrección del mismo y cuánto se puede recuperar o si, por lo contrario, esto únicamente suma las pérdidas económicas. Para ello requerimos analizar los costos a detalle, considerar los costos totales por mes y por diseño, y agregar el valor de transporte considerado tanto en la entrega como la devolución de los productos.

4.1. Costos por devoluciones

En los costos por devolución de tela defectuosa tanto por peso fuera de estándar como por defectos intratables en la planta de teñido, se debe considerar tanto los costos de fabricación perdidos como el costo de transportar la tela de regreso a la planta. También se debe considerar el costo de fabricación doble por tener que fabricar nuevamente la tela correcta con demora en el tiempo de entrega, lo cual no tiene un costo monetario, pero sí representa pérdidas de credibilidad y confiabilidad.

Para el costo de transporte, como se muestra en la tabla IX, se considera el volumen de espacio físico que representa en las unidades de transporte. Para considerar el costo se toma un valor de combustible y la cantidad de viajes que se requiere para transportar la tela. Es importante considerar que estos viajes son aprovechados por diferentes motivos en la planta, por lo cual se utiliza el valor establecido en la tabla IX como un valor estándar y aproximado del costo de transporte.

Las devoluciones que se realizan a la planta se pueden clasificar por dos razones:

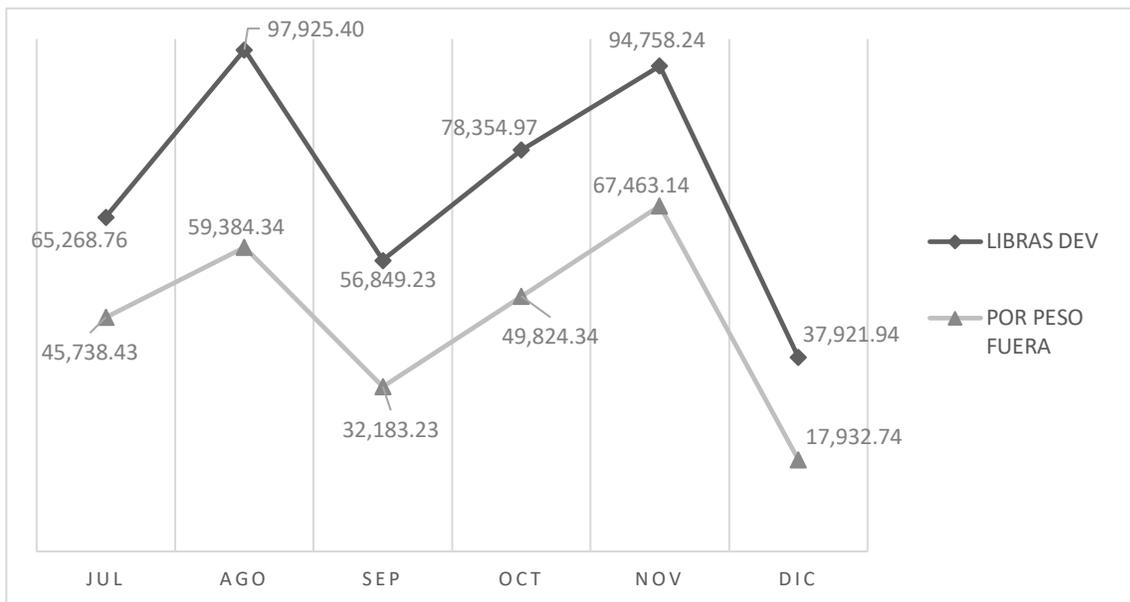
- **Peso de rollos fuera de estándar:** el cliente, la planta de teñido, puede tolerar según el diseño del tejido, un margen más amplio de aceptación en el peso de rollo, pero al ser algunos muy variados dañan el proceso de teñido al presentar problemas mecánicos. Por lo tanto, los rollos de tela con peso fuera del rango tolerado según sus máquinas son rechazados y devueltos a la planta de tejido para ser evaluados si son considerados corregibles o son dados de baja en su totalidad.

- Defectos: además del peso de rollo, existen rollos que pueden ir con defectos como barras, manchas, contaminación de fibras. Estos rollos son rechazados y devueltos a la planta. Algunos son tratados para eliminar los defectos y otros son clasificados como tela de mala calidad o tela tipo H, que requiere un proceso de recuperación si es posible. De lo contrario se clasifica como pérdida del producto y se vende a un valor mucho menor.

4.1.1. Costos por devoluciones de tela por peso fuera de estándar

Para analizar el costo por devoluciones es necesario conocer la cantidad de libras devueltas y cuántas de estas libras son atribuibles directamente al peso del rollo de tela fuera de estándar, lo cual es representado en la siguiente gráfica:

Figura 34. Libras devueltas vs por peso fuera de estándar

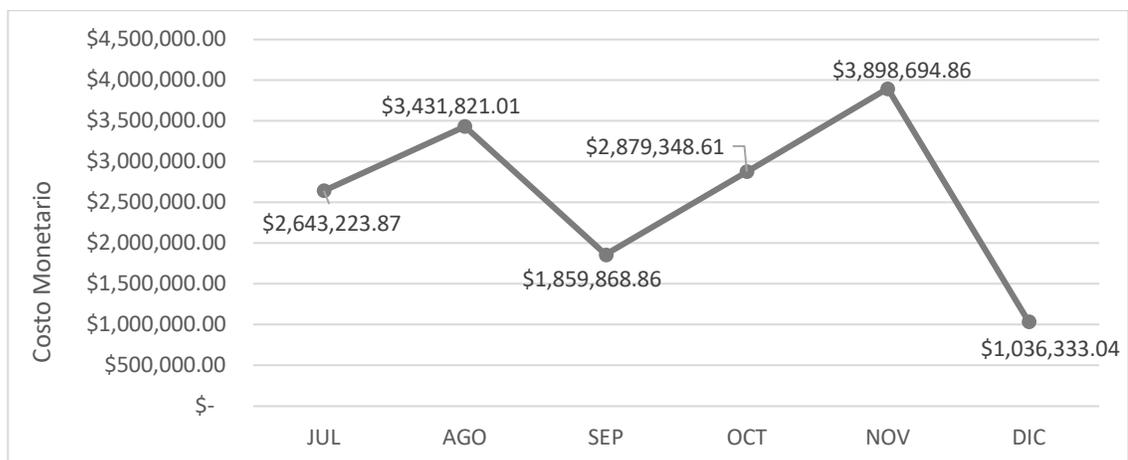


Fuente: elaboración propia.

Una gran cantidad de las libras devueltas en el mes corresponden a todos aquellos rollos que no fueron aceptados por el cliente, la planta de teñido, debido a que el peso del rollo tenía una variación muy amplia, lo cual causa daños en las máquinas y problemas en el color de toda la tela. La cantidad de libras devueltas por peso fuera de estándar de cada mes se muestran en la figura 32. El comportamiento de la gráfica a través de los meses es proporcional al volumen de producción. Por ello vemos en diciembre una baja considerable, atribuible a que en diciembre se produjo en menor cantidad, ya que muchos clientes toman este mes para la planeación de la tendencia de la moda de temporadas futuras, por lo que las órdenes de producción tienen un declive en este mes.

El costo de libras devueltas está dado por la cantidad devuelta y el costo según el diseño. Esto hace un total de costo por mes en dólares, el cual representa aproximadamente entre un 6 % a un 15 % del total de producción entregada por la planta de tejido en los meses analizados. Es un promedio del 11 % en el semestre, una suma muy alta que representa pérdidas para la planta, lo cual debe ser corregido a través de mejoras en la calidad del producto que estandarice el peso de rollo de tela.

Figura 35. Costo de libras devueltas por rollos fuera de peso estándar



Fuente: elaboración propia.

De las libras devueltas por causa de peso fuera de estándar, es importante separar el diseño de tela que corresponde para calcular el costo de producción perdido, ya que cada diseño tiene un costo de producción diferente.

El costo total por mes de todos los diseños es representado en la gráfica de costo de libras devueltas, figura 33; en la cual se observa que el costo de las devoluciones por esta causa es entre \$ 1 000 000 a casi \$ 4 000 000 aproximadamente, Dan un total de \$ 15 749 290,25. Las pérdidas representadas por esta causa en el transcurso de 6 meses analizados.

Para una mayor profundidad en el análisis, la siguiente tabla nos detalla el costo de devolución por diseño, de esta manera se podrá tomar decisiones respecto cada diseño y proceso de fabricación que lleve cada uno.

Tabla X. Costo de devolución por diseño y mes

MES	INTERLOCK	JERSEY ALG	JERSEY MEZ	FLEECE MEZ	FLEECE ALG	RIB
JUL	\$ 214 834	\$ 163 078	\$ 185 538	\$ 234 364	\$ 211 904	\$ 117 182
AGO	\$ 423 952	\$ 321 818	\$ 366 140	\$ 462 493	\$ 418 171	\$ 231 246
SEP	\$ 271 326	\$ 205 961	\$ 234 327	\$ 295 992	\$ 267 626	\$ 147 996
OCT	\$ 313 837	\$ 238 231	\$ 271 041	\$ 342 368	\$ 309 557	\$ 171 184
NOV	\$ 300 246	\$ 227 914	\$ 259 303	\$ 327 541	\$ 296 152	\$ 163 771
DIC	\$ 219 881	\$ 166 910	\$ 189 897	\$ 239 870	\$ 216 883	\$ 119 935
	\$1 744 075	\$1 323 912	\$1 506 247	\$1 902 628	\$1 720 293	\$ 951 314

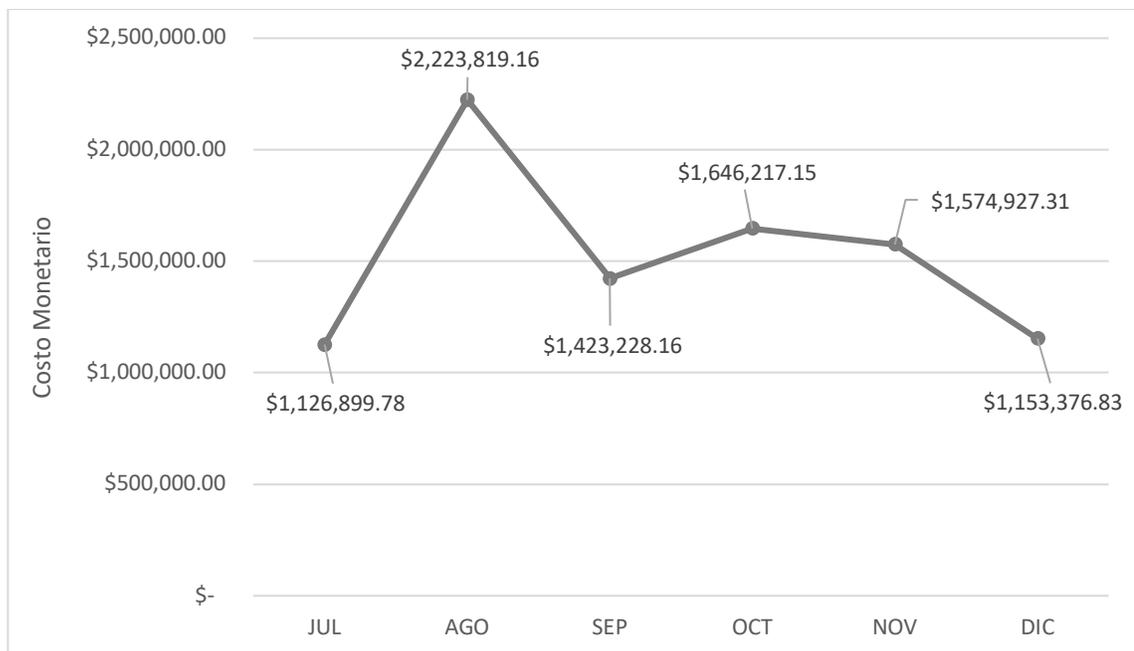
Fuente: elaboración propia.

El diseño que representa un mayor costo por devolución causado por peso fuera de estándar corresponde al fleece mezcla. Es importante considerar para la evolución de la máquina en su diseño y la atención operaria necesaria para evitar este fallo.

4.1.2. Costos por devoluciones de tela con defectos

La devolución de la tela de parte del cliente es, como primer filtro, analizada por su peso. Este debe cumplir con la norma de 25 kg o 55,11 lb. Una vez el producto cumple con este requisito y es aceptado, se debe inspeccionar la calidad de la tela en el sentido estricto de diseño, ancho, materiales, peso por unidad cuadrada de tela, encogimientos, entre otros factores importantes en el proceso de teñido y acabados. Todos aquellos rollos que presenten defectos, como líneas de aguja, barra, reventones, contaminación de fibras o cualquier defecto que afecte la calidad del producto final, es devuelta a la planta de tejeduría para analizar si es rescatable o para que se reponga la tela rechazada y el pedido termine completo.

Figura 36. Costo de tela devuelta por defectos varios



Fuente: elaboración propia.

El total de costos de tela rechazada por defectos en los meses analizados es de \$ 9 148 468,38, menor que el costo de tela devuelta por peso de rollo fuera de estándar. Este costo puede variar si se logra rescatar tela realizando algunos trabajos para corregir los defectos. Esto suma un costo de reparación, pero podría reducir la cantidad de libras devueltas de parte del cliente.

Se debe considerar que el peso fuera de estándar afecta además la velocidad de producción en la planta de teñido y acabado. Si no es controlado, impacta en toda la empresa, por lo que sus costos son aún mayores si la planta de teñido acepta producto con peso fuera de estándar.

4.1.3. Costos por reprocesos y trabajos de recuperación por devoluciones

Los trabajos de reproceso o reparación de tela fuera de peso estándar o con defectos se utilizan para recuperar tela rechazada de parte del cliente y reducir costos de rechazos. El proceso de cada reproceso o trabajo de reparación depende de cada defecto:

- El procedimiento para corrección de peso fuera de estándar se enfoca principalmente en los rollos que están arriba del peso estándar. El procedimiento es:
 - Pesar todos los rollos devueltos y clasificarlos entre arriba de estándar y los que tienen peso por debajo de estándar, para determinar su tratamiento.
 - Los rollos que se encuentra arriba del peso estándar son revisados para detectar cualquier defecto que pueda ser rechazado por el cliente. Si el rollo no posee defectos, se procede a cortar la parte final y pesar la tela para poder restarle las libras que posea de más.

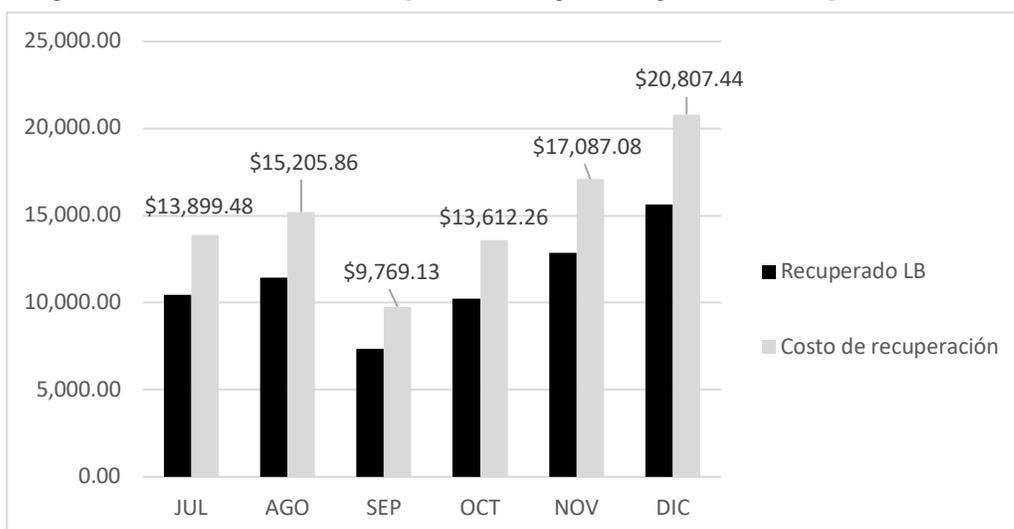
- Para calcular es necesario pesar la tela por yarda y por medio de ese valor calculan el largo de corte a realizar.
- Todos los rollos abajo de peso estándar son revisados por los revisores del departamento de calidad, para encontrar aquellos productos que tengan menos de tres cortes o cualquier otro defecto que pueda ser causa de rechazo. Si el rollo tiene otros defectos como líneas de agujero, piquetes, entre otros. es evaluado para tratarlo; en caso no sea posible, el rollo es considerado H o como mala calidad. Si el rollo cumple sin poseer defectos o estos son tratados correctamente y el rollo posee menos de tres cortes en todo su largo, se procede al siguiente proceso.
 - Si el rollo cumple con la condición de tener menos de tres cortes y no posee defectos, es añadida una cantidad de tela correspondiente al peso faltante, la cual se calcula pesando una yarda de tela. Posteriormente se calcula el largo de tela por añadir, dependiendo el peso faltante del rollo para alcanzar el estándar.
 - Reparación de producto devuelto por defectos tales como:
 - Contaminación de fibras: se procede a limpiar aquellos rollos que tengan contaminación de fibras. Se retira aquella mota que está amarrada en el tejido a través de una extracción con pinzas, con cuidado de no romper la malla o cadena que contenga la fibra o mota. Para visualizar de mejor manera la mota que es contaminante de otra fibra, los operadores utilizan luz UV o ultravioleta, la cual marca las fibras poliéster y es de utilidad para encontrar y separar la contaminación de fibras.
 - Línea de agujas: existen líneas de aguja que se reparan al tejer de forma manual las cadenas que se encuentran sin amarre por alguna aguja rota en el tramo de tela que contiene el defecto. Para ello, los

operadores deben utilizar aguja de lengüeta corta para realizar de forma manual el entrelazamiento del hilo, formando el tejido roto en la línea de aguja. Se apoyan con lupas, además de la aguja mencionada.

- Reventones y piquetes: aquellos reventones o piquetes que forman agujeros pequeños pueden ser tejidos de forma manual. Se debe amarrar la cadena que forma el tejido con un hilo, un proceso minucioso y de mucho cuidado para evitar que el agujero se vuelva más grande. Al igual que la línea de aguja, este defecto se resuelve con apoyo de una lupa, la cual amplía la visión del operario para realizar el tejido en la sección con el agujero provocado por reventones de hilo.

Estos trabajos o reprocesos tienen un costo, considerando materiales, maquinaria o herramienta y personal para realizarlo, además de los retrasos en tiempo de entregas que implica.

Figura 37. Costo de reprocesos y trabajos de recuperación



Fuente: elaboración propia.

El costo por reprocesos o trabajos de recuperación en los 6 meses analizados es un total de \$ 90 381,26. La recuperación es variable según los fallos que haya en producción y no depende solo de la cantidad producida. Por ello observamos en diciembre un aumento en los costos de recuperación, aunque la producción en ese mes fuera más baja. Esto se debe a que en diciembre se da periodos de vacaciones a personal de la planta, por lo que el personal queda distribuido en más máquinas de tejido al mismo tiempo y tienden a descuidar el proceso.

Una vez analizado el costo que genera para la planta de tejido la devolución de tela, la cantidad que es recuperable y el costo de realizar la recuperación de esta tela con defecto, todo atribuible únicamente al peso fuera de estándar, podemos realizar una comparación para asegurarnos que el reproceso es la mejor opción para evitar la pérdida de la producción y el valor nuevo del producto, estimado en el semestre analizado.

En el caso del mes de julio, la planta de tejido recibió 45 738,43 libras atribuibles a rollos fuera de peso estándar, las cuales representan un valor monetario de \$ 2 643 223,87. En ese mismo mes, la planta de tejido logró recuperar de esta tela un total de 10 450,74 libras, debido a que entre la tela fuera de peso estándar había tela con problemas de calidad irreparables. El costo de recuperar esta tela fue de \$ 13 899,48. Por lo tanto, logró rescatar a penas \$ 104 507,40 del total devuelto. Aquí podemos ver la gravedad del problema del peso de rollo de tela fuera de estándar, que impacta con cifras monetarias muy altas.

Realizamos este mismo análisis con el semestre completo para tener un panorama del impacto de este problema en términos económicos y la cantidad de dinero que la planta está perdiendo debido al problema del peso de los rollos.

En el semestre, la planta de tejido recibió 272 526,22 libras de tela por peso fuera de estándar, las cuales representan \$ 15 749 290,25. A lo largo del semestre analizado, la planta de tejido recuperó un total de 67 955,83 libras corrigiendo el peso de rollo fuera de estándar. En porcentajes, la planta corrigió el problema 0,25 % y esa reparación le costó a la planta \$ 90 381,26, por lo que el total recuperado fue de \$ 679 558,33. El total de pérdidas por peso de rollo fuera de estándar en el semestre fue de \$ 15 069 731,92, los cuales se representan como pérdida para la planta. Esta tela que no es apta para la entrega al cliente, la mayoría de veces es donada a industrias locales para apoyo social. En algunas ocasiones es vendida a precios muy bajos para recuperar una porción del valor total perdido, pero este costo no representa algo considerable para la magnitud de la pérdida. Por ello es importante tomar acciones que corrijan el problema del peso de rollo de tela y evitar este escape de recursos de la planta.

Existen otros costos por considerar en este proceso, los cuales representan pérdidas. Otro factor importante para el bienestar económico de la planta, es el costo por subproducto.

4.2. Costo por subproducto

El subproducto es tela desperdiciada o sobrante. Aquellos cortes que se realizan al rollo de tela son considerados subproducto y no son utilizados ni vendidos de ninguna forma en la planta. Representan una merma, lo cual produce costos por desperdicio de materia prima, trabajo y maquinaria para producirlos. El subproducto se calcula como aquella diferencia que existe entre el peso de un rollo reportado en producción y el peso del mismo rollo reportado en calidad, después de la inspección. Dicha diferencia corresponde a la tela cortada y desperdiciada, la cual muchas veces representa variación en el peso de rollo de tela. Si un rollo es ingresado con peso estándar en producción, pero es cortado

por defectos, el peso final ingresado a bodega es equívoco al peso estándar. El corte que se realizó es un desperdicio por considerar en costo, además del posible rechazo del cliente por la variación de peso en el rollo de tela.

4.2.1. Determinar el costo del subproducto por cortes en rollos

Para determinar el costo del subproducto se requiere conocer la cantidad de libras que son cortadas y desechadas, así como el diseño del producto para determinar la materia prima, el costo de esta según su fibra y titulación. Además, por medio del diseño se puede determinar el trabajo que requiere la fabricación, el diseño de maquinaria, las horas máquina empleadas y las horas hombres utilizadas. Todo esto influye para determina un promedio del costo del subproducto. Este cálculo es realizado y entregado por el jefe de producción, bajo el cual se determina el costo total del subproducto del semestre analizado, representado en la siguiente tabla:

Tabla XI. Costo de subproducto

Mes	Subproducto lb	Costo Promedio	Costo Total
Julio	5 931,81	\$ 6,87	\$ 40 751,51
Agosto	5 758,30	\$ 5,98	\$ 34 434,61
Septiembre	5 737,21	\$ 8,56	\$ 49 110,48
Octubre	5 804,93	\$ 8,34	\$ 48 413,09
Noviembre	5 612,90	\$ 6,32	\$ 35 473,53
Diciembre	5 452,87	\$ 7,12	\$ 38 824,47

Fuente: elaboración propia.

El total del costo de subproducto por cortes en los rollos de tela en los meses analizados es de \$ 247 007,69, un costo elevado para ser un desperdicio que es totalmente pérdida para la planta.

5. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

5.1. Actividades de implementación

Mejorar la calidad del peso de rollo de tela requiere implementar mejoras en actividades que se realizan en la planta de producción, o bien implementar nuevas actividades para mantener el peso de rollo de tela en un valor estándar y constante. Las actividades que deben ser implementadas son:

- Elaboración de reporte con gráfica de control del peso de rollo. Dicho gráfico debe ser por control de variables, específicamente la gráfica de promedios \bar{X} .
- Mejoras en el equipo de medición: calibración de balanzas, ajustes de equipos, mantenimiento de equipos.
- Cambios en el sistema informático de lectura de datos y generación de reportes.
- Implementación de procesos para inspección y control.
- Mejoras en el procedimiento de fabricación.

5.1.1. Implementación de gráficas de control sobre peso de rollo

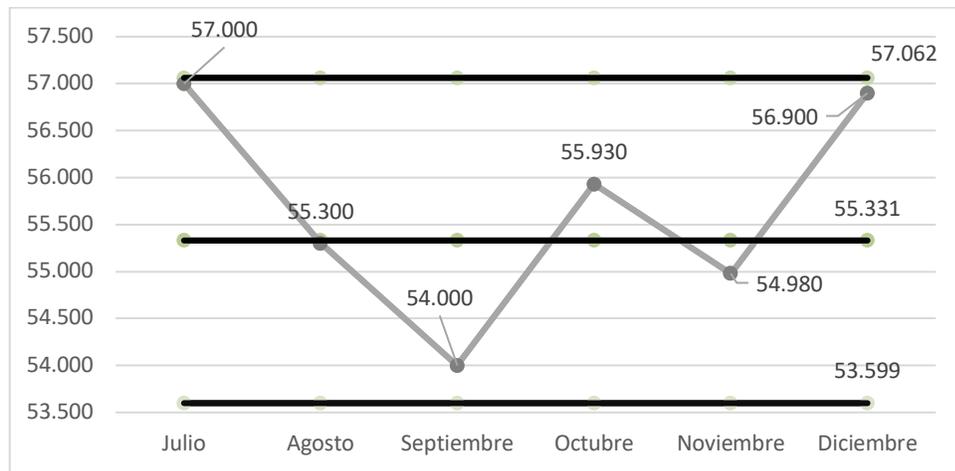
Una gráfica de control de calidad es adecuada para monitorear una variable específica como el peso de los rollos de tela. Es una metodología que da la confianza estadística de que una variable (como el peso del rollo) se encuentra dentro de los parámetros y su nivel de tolerancia. Logrando excluir aquellos valores que tengan una causa aleatoria en la variación del peso.

El control estadístico del proceso muestra la comparación gráfica del desempeño que conste el proceso de fabricación de rollos de tela y los límites de control estadísticos. El gráfico de control por promedio \bar{X} muestra las fluctuaciones de los promedios que se representan a través de los límites de control. Si los valores de peso de rollo de tela caen dentro de los límites establecidos para el proceso, la variación se toma como aleatoria aceptable, pero si los valores de peso de rollo caen fuera de los límites de control establecidos se toma el producto como fuera de control y debe corregirse para aprobar la calidad necesaria del producto.

Estos límites de control deben ser calculados con base en el historial de los datos de peso de rollos de los últimos seis meses a través del promedio mensual de los promedios de las variables, peso de rollo de tela, tanto para los rollos tomados de producción como rollos ingresados a bodega.

El gráfico de control por promedio emplea los conceptos y cálculos de estadística descriptiva y muestreo, en el cual, a través de la media o promedio de datos, se calcula el valor central de la gráfica. Por medio de la desviación estándar se calculan los límites tanto superior como inferior. Para visualizar estos cálculos dirigirse a la sección de anexos.

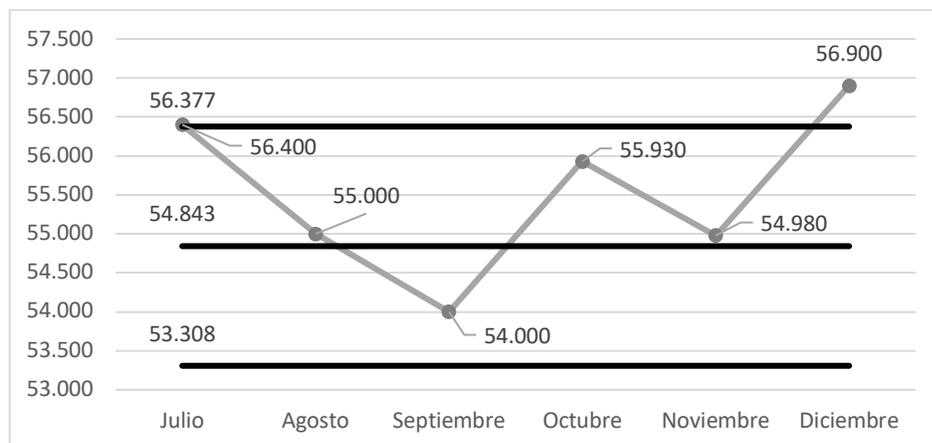
Figura 38. **Gráfica promedio X peso de producción valores actuales**



Fuente: elaboración propia.

Los límites superior e inferior tienen una variación de 3,46 libras, un rango elevado para el objetivo de mantener el peso en un estándar de 55 lbs. Con base en el rango actual, el control no monitorea la fluctuación entre pesos debido a la amplitud entre los límites superior e inferior. La mayoría de los productos son considerados aceptables, ya que se encuentran dentro de los límites, lo cual provoca que no sean corregidos sino hasta después del rechazo del cliente.

Figura 39. **Gráfica promedio X peso bodega valores actuales**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica de control para el peso de rollo ingresado a bodega reduce los límites con un rango de 3,06 libras, pero la amplitud entre los límites superior e inferior es muy amplia para el objetivo de estandarizar el peso a 55 libras. Se aceptan rollos con peso de tela muy alejados al estándar y se toman de medidas de corrección hasta que el cliente rechaza el producto.

Para mejorar el control del peso de rollo por medio de la gráfica se debe reducir los límites de las dos variables, el peso de rollo al salir de producción y al ingresar a bodega, para lo cual se requiere analizar el nivel de sigma en la actualidad. Para lograrlo se calcula la cantidad de defectos por oportunidad. La oportunidad es la cantidad de rollos de tela analizados en el cálculo, el cual se realiza a partir de la sumatoria de rechazos por productos fuera de peso estándar de parte del cliente y la entrega total de rollos en el tiempo analizado. Para visualizar los cálculos dirigirse a la sección de anexos.

$$\text{DPO} = 0,1118 \text{ defectos} \times \text{oportunidad}$$

$$\text{Rendimiento} = 88,814 \text{ rollos de tela}$$

Para conocer el nivel de sigma debe consultarse la tabla “Conversión de sigma de proceso abreviado” la cual se encuentra en la sección de apéndices. El nivel de sigma calculado es de 2,7; para mejorar el rendimiento de sigma es necesario calcular una nueva desviación estándar aplicando un nivel de sigma con mejor rendimiento y reducir los límites de aceptación de la gráfica de control promedio X. Para verificar los cálculos dirigirse a la sección de anexos.

- Límites para peso de rollo de tela salido de producción.
LMS = 56,167
LMS = 54,494

- Límites para peso de rollo de tela ingresado a bodega.

LMS = 55,58

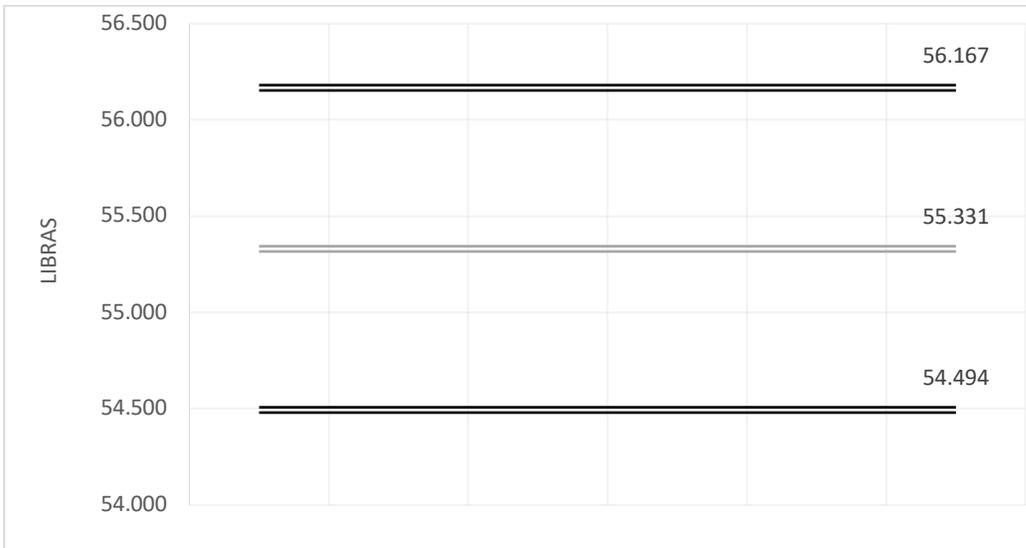
LMS = 54,101

Al aplicar un nivel de sigma superior hemos reducido la tolerancia entre los límites, lo que representa un mejor control en el peso de rollo de tela antes de que sea entregado al cliente y los rollos con variación mayor sean rechazados. Se ha reducido a una tolerancia de 1,67 lb para el peso de rollo de tela salido de producción, lo que representa una disminución del 48,3 %, por lo cual se podrá tener un control más estricto en la variación del peso salido de producción antes de que este sea trasladado al área de revisión.

Para el peso de rollo ingresado de bodega se ha logrado disminuir a una tolerancia de 1,47 libras, disminuyendo un 48,3 % los límites de control, lo cual alertará que el peso del rollo esta inaceptable para el cliente y deberán tomarse acciones previas a la entrega de los productos.

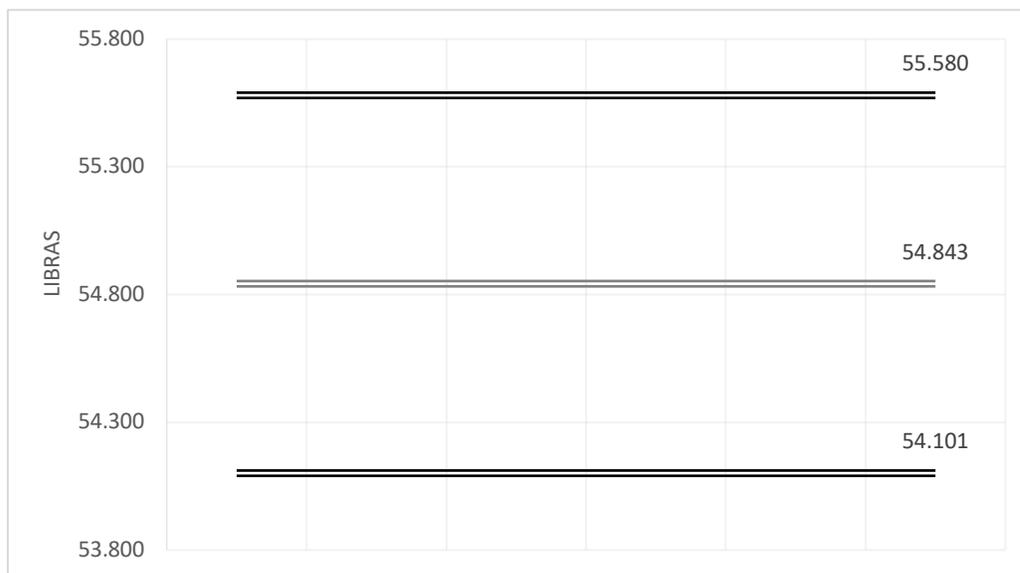
Las gráficas de control se tomaron para ambos pesos redujeron la distancia entre los límites superior e inferior, se aceptó todos aquellos rollos que se encuentren dentro de los límites y se rechazó aquellos que salgan de los límites de control. Por tal razón se visualizan de la siguiente manera:

Figura 40. **Gráfica de control X peso de rollo producción**



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Gráfica de control X peso de rollo bodega**



Fuente: elaboración propia.

5.1.1.1. Reportes con base en gráficas de control promedio \bar{X}

La presentación de las gráficas de control brinda una evaluación crítica del estado actual del tema en control. Es posible visualizar con exactitud que los valores de la muestra ingresada salen de los límites de control. Los datos que se obtienen son puntos de partida para la toma de decisiones y controles que se aplican para la corrección de los puntos fuera de los valores deseados. Para ello se propone la presentación de dos reportes:

- Reporte gerencial de control de peso de rollo de tela: el reporte gerencial le brinda al gerente y jefes de la planta un diagnóstico eficaz de estado del peso de rollo en la planta. Se propone que sea la frecuencia de presentación de este reporte semanal, ya que brindaría la oportunidad de tomar decisiones y ejecutar medidas para corregir el problema sin que la producción crezca, y las pérdidas sean mayores. Se presentan los promedios de cada día.

El formato por utilizar para la presentación del reporte inicia con el encabezado, que resume la información que se detalla. En el contenido se muestra la gráfica de control con los límites calculados en el capítulo 5.2.1. La parte final del reporte enmarcará los días que están fuera de los límites de control y las medidas aplicadas para su corrección, un resumen de las máquinas con más problemas de calidad y los tejedores con mayor reincidencia en producir rollos fuera de control en la semana presentada.

Figura 42. Reporte gerencial



Fuente: elaboración propia.

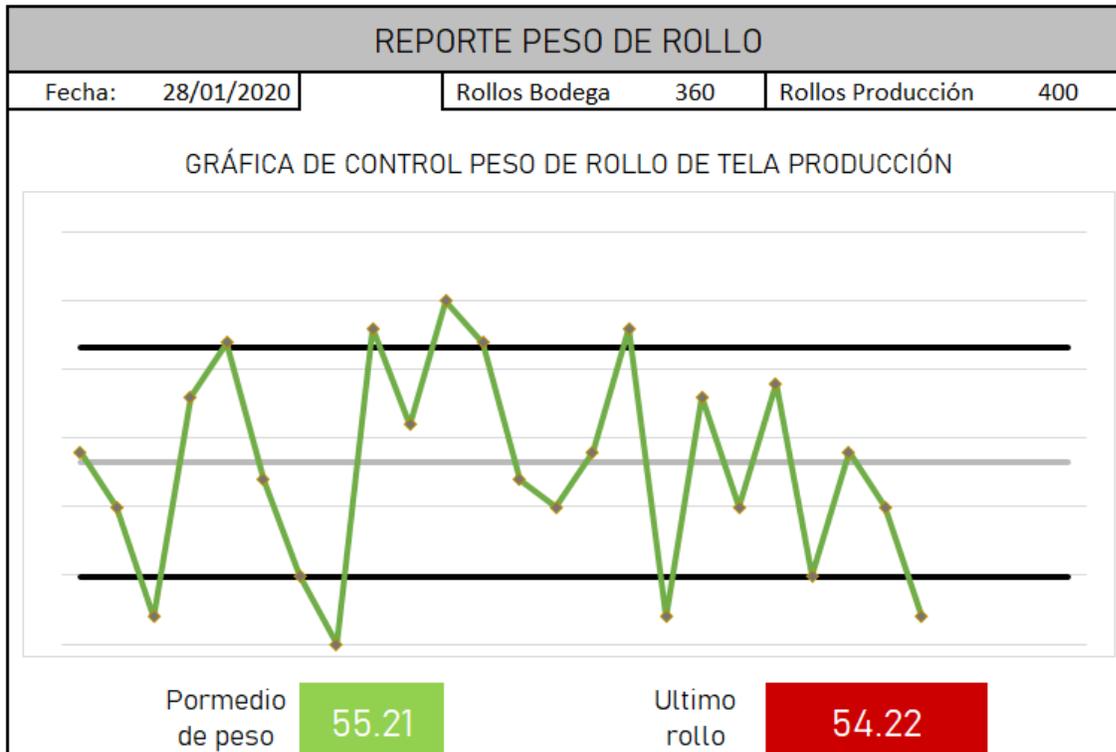
Un rollo fuera de los límites de control en producción representa problemas en la máquina o tejedores para controlar el número de vueltas que debe dar para cortarlo y bajarlo de la máquina. Un rollo fuera de límites de control en bodega representa que el área de inspección realizó cortes por defectos que tenía el rollo, información que sirve para analizar la máquina con el departamento de mantenimiento. Los rollos que suben de peso son debido a que es posible añadir un tramo de tela y hacer llegar a control el peso de rollo que esté por debajo del límite inferior.

- Reporte en vivo, control de peso de rollo de tela de producción: el reporte en vivo brinda la información en tiempo real por cada rollo de tela ingresado al sistema al producirse. Automáticamente, el reporte actualiza el dato y lo gráfica, debido a una lectura instantánea de la tabla que almacena la información del peso de los rollos de tela ingresados, un ajuste que se especifica en el capítulo 5.2.3 para el sistema informático y que sea proyecto en la TV ubicada en el área de ingreso de rollos.

El reporte en vivo cuenta con un encabezado en el que detalla el día en ejecución. La gráfica de control de peso en producción muestra en la parte inferior el promedio de los datos ingresados desde el inicio del turno hasta el momento de ingreso del último rollo, para conocer si el promedio está dentro de los límites de control. Sumado a esto cuenta con un icono verde o rojo si el rollo ingresado en ese momento está dentro de los límites.

Esta información brinda la posibilidad de tomar medidas instantáneas para corregir el peso de cada rollo. Tales medidas pueden ser en el proceso, la intervención humana o el mantenimiento de la máquina.

Figura 43. **Reporte en vivo**



Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Mejoras al equipo de medición

Para mejorar la exactitud de dato de cada peso de cada rollo de tela es necesario realizar mejoras a los equipos de medición. Los equipos que esencialmente deben ser mejorados y controlar su estado periódicamente son:

- Contadores de vueltas: se ha detectado contadores en mal estado y esto provoca que sea no sea correcto el momento para realizar el corte de rollo con el peso requerido. Para ello se ha contemplado la compra de 20 contadores de vueltas para reemplazar los que se encuentran deteriorados o en mal estado. Para la instalación de los contadores se solicita al departamento de mantenimiento un plan para realizar los

cambios sin afectar el ritmo de producción diario. Además, se solicita al departamento de mantenimiento un programa acorde a las actividades que se tengan.

Para el control de los contadores se ha incluido la inspección de los gestores de calidad, para que al momento de auditar cada máquina revisen el contador de vueltas, que físicamente que no presente daños y que encienda sin problemas los leds de la pantalla. Además, que por medio de la observación cuenten diez vueltas del rollo en la máquina y verifiquen que el contador realice dicha suma.

- **Básculas de pesaje:** para garantizar la lectura del pesaje en la báscula es necesario que esta se encuentre correctamente calibrada, por lo que cada libra leída será indicada de forma correcta y los valores tendrán una mayor exactitud. Para la mejora de estos equipos es necesario contratar una empresa dedicada a la calibración de básculas y garantizar el cumplimiento de certificaciones de calidad para la exactitud en equipos de medición de volumen.

El costo de la calibración se puede observar la sección de anexos.

5.1.3. Sistema informático de lectura de medición de peso

El sistema encargado de la lectura de datos y almacenaje de la información en la planta de tejido debe ser actualizado para una mejora en el método de proporción de datos. Actualmente, el sistema lee los datos ingresados de forma manual por el tejedor al momento de producir el rollo. Estos datos son almacenados en una tabla de una base de datos local, refiriéndose a local como propia del equipo de computación y no dentro de un servidor.

Se propone realizar el requerimiento al departamento de informática de la siguiente manera:

Figura 44. **Requerimiento sistema informático**

Requerimiento Informática		Fecha: <i>Fecha de solicitud</i>
Nombre del Proyecto		
Mejora en sistema de ingreso de rollo producción.		
Solicitado por:		
Planta de tejido KNIT		
Jefe de Planta <i>Nombre de jefe de planta</i>		Jefe de Dep. Calidad <i>Nombre de jefe de Calidad</i>
Criticidad de proyecto		Muy crítico (alto impacto en la producción)
Prioridad	Media (Se puede operar pero se deja de obtener beneficios significativos en la eficiencia y calidad)	
Frecuencia de uso	Diario	
Objetivos	Mejorar la eficiencia de medición.	
	Mejora en el control de datos y manipulación de los mismos	
	Aumento credibilidad en información	
Alcance	Almacenar la información en base de datos y resguardar información	
	Lectura de peso directo de la bascula	
	Reportes en tiempo real	
DETALLES		
<p>1. Se requiere el cambio de la base de datos a un servidor para que los datos estén protegidos de cualquier daño al equipo, además para poder realizar consultas con mayor velocidad desde cualquier equipo.</p> <p>2. El campo peso de rollo, campo "WEIGHT" en la tabla, sea leído no desde el ingreso de dato manual sino a través del dato que proporciona la báscula digital.</p> <p>3. Dicho campo se requiere trasladar a reporte de peso de rollo, graficando una tabla dinámica y cada ingreso sea actualizado de forma automática.</p> <p>4. La interfaz del reporte de peso de rollo valide si el campo se encuentra dentro de los límites de control marque color verde, de lo contrario marque color rojo, con un formato condicional.</p>		

Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Mejoras y controles en el procedimiento productivo

El proceso productivo se debe controlar de una manera más constante y exigente. Los tejedores deben mantener el área de trabajo libre de obstáculos, limpiar el área y de la máquina para evitar mota y que esta sea la causante de ruptura de agujas, reventones de hilo o contaminación de fibras. Además, los tejedores deben estar en constante control de sus máquinas para que al presentar un defecto sea reportado al departamento de mantenimiento y al de calidad. Para velar el cumplimiento de estas normas es necesario realizar inspecciones constantes en el proceso.

Un nuevo cambio es que la programación de vueltas en los contadores sea un trabajo del departamento de calidad. El auxiliar de muestras y desarrollos debe colocar la cantidad de vueltas según los cálculos realizados usando como parámetro comparativo las vueltas que se utilizaron para producir el rollo de tela del desarrollo y las muestras. Al mismo tiempo, la máquina será auditada e inspeccionada en su totalidad previo a la autorización de arranque. De existir algún problema no se recibirá la máquina al departamento de mantenimiento, quien debe corregir cualquier problema o diferencia que se encuentre.

En el área de inspección se deberá pesar el rollo previo a su ingreso al sistema y ajustar el peso si es posible, cortando un tramo de tela para bajar el peso o añadiendo un tramo de tela para aumentarlo, según lo que se requiera para que el peso se mantenga dentro de los límites de control.

5.1.4.1. Inspección diaria por parte del supervisor

El proceso de inspección está a cargo de gestor de calidad, miembro del departamento de calidad. A las funciones actuales se requiere añadir nuevas

atribuciones para considerar la mejora del peso del rollo de tela. Estas atribuciones son:

- Inspección de limpieza en:
 - Máquina y alrededores.
 - Limpieza de mota en dispositivos de las máquinas.
 - Agujas con mota operando en máquina.
 - Sopeteo constante de la máquina por parte del tejedor

- Inspección de contadores:
 - Visualizar estado físico de contadores de vuelta, que encienda todos los leds de la pantalla.
 - Realizar prueba de contadores, observar 10 vueltas del rollo en la máquina y comprobar que las 10 vueltas exactas sean sumadas al contador.

Estas inspecciones buscan corregir los errores más comunes que afectan el peso del rollo. Según análisis realizado en el capítulo 3.3.3, para tomar medidas de corrección el inspector debe realizar el siguiente procedimiento:

- Inspección diaria en los sectores de máquinas programados para cada día (operación que realizan actualmente).

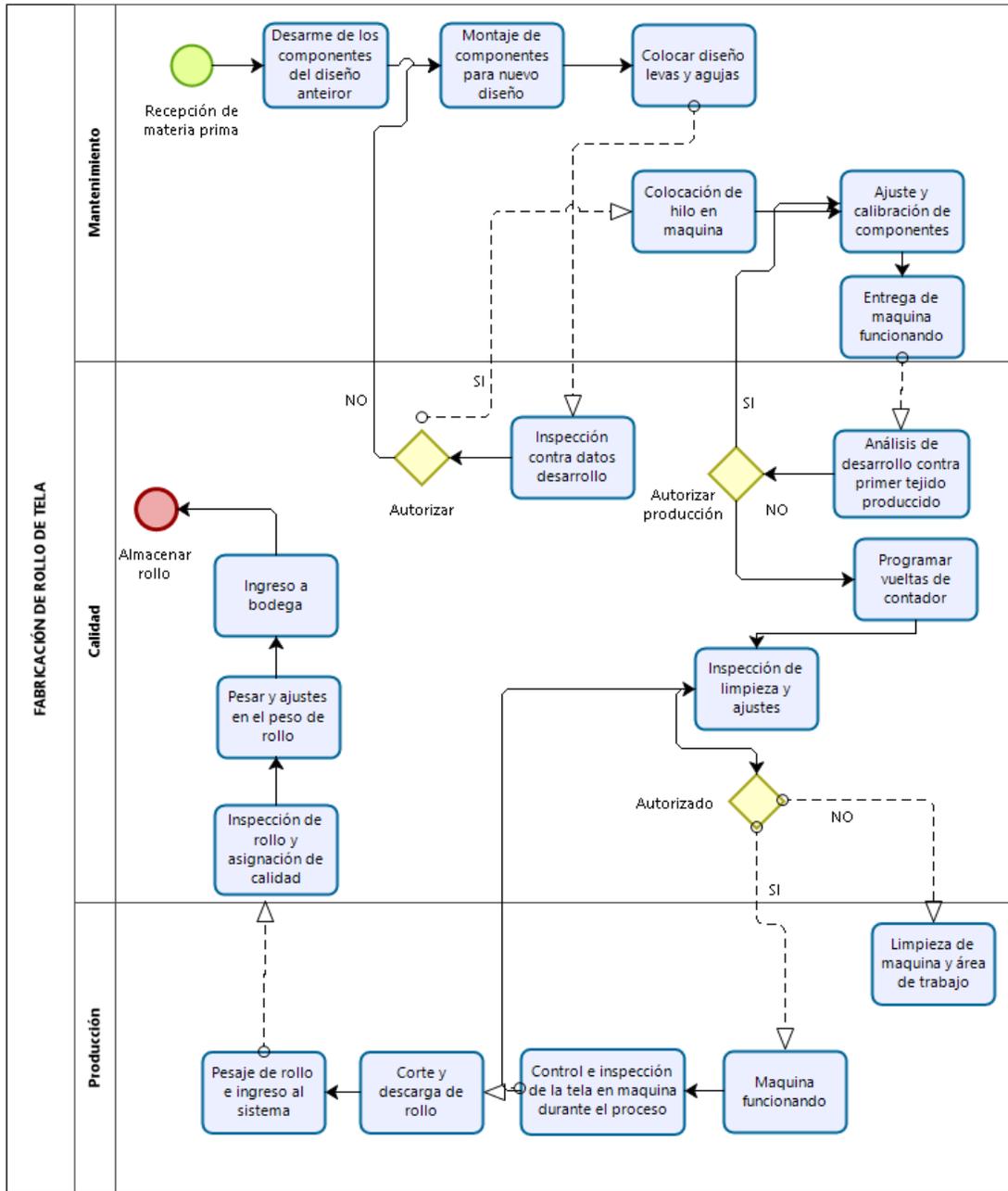
- Al detectar fallos en las operaciones o actividades por parte de los tejedores, reportarles y auditar a las 4 horas nuevamente la máquina, para comprobar que fue corregido el fallo.

- Si tejedor no soluciona los errores reportados por el inspector, este debe crearle un caso que se incluye en el reporte diario que entrega el inspector y al jefe del departamento de calidad.
- El jefe del departamento de calidad debe tomar medidas como entrevista al tejedor, llamada de atención verbal y, en caso de ser un tejedor repetido, se le debe llamar la atención por escrito.
- El inspector debe hacer una inspección al próximo día en la máquina para auditar que los fallos estén solucionados.

5.1.4.2. Diagrama de flujo mejorado

Se realizaron ajustes en el proceso de producción para mejorar el control y disminuir la cantidad de tela rechazada por el defecto del peso fuera de estándar.

Figura 45. Diagrama de flujo mejorado



Fuente: elaboración propia.

5.2. Recursos para implementar mejoras

Para adoptar nuevas medidas que mejoren la problemática del peso del rollo fuera de un estándar y la falta de control del mismo es necesario hacer un recuento de los recursos necesarios. Es fundamental conocer el monto económico que representa cada medida para analizar su factibilidad y que el proyecto sea netamente rentable a la vista de alta gerencia.

Para analizar los rubros más importantes por considerar como recursos tenemos:

- El factor humano: además de representar costos para la planta, el factor humano se debe separar, ya que si se requieren contrataciones de personas o subcontratar a otra compañía se debe conocer el perfil de las personas e involucrar a otros departamentos, como recursos humanos, además de conocer la cantidad de horas extras que podría tomar alguna implementación de mejora.
- Maquinaria y tecnología: además del factor económico que representa adquirir o modificar maquinaria y herramientas tecnológicas como softwares, es importante realizar un requerimiento con especificaciones de cada herramienta por utilizar, para que esta pueda ser enviada a los departamentos encargados.
- El factor económico: es como base de aprobación de los cambios y mejoras que se presenten. Se debe conocer si el proyecto es rentable comparado con los costos perdidos por el problema (costos de devolución y subproducto). La gerencia de la planta debe validar que los cambios e

implementaciones que sean propuestas tengan coherencia financiera y analizar propuesta de mejoras por implementar.

5.2.1. Recurso humano

El personal es el factor más importante en cualquier planta de producción, debido a que la manipulación de la materia prima y maquinaria depende únicamente de las personas que las trabajen. Por ello, una persona adiestrada y con las capacidades adecuadas podrá brindar un trabajo de calidad y reducir así los errores y fallos que generar costos altos para la planta.

El personal que se debe tomar en cuenta deberá ser tanto para aplicar las mejoras que se propondrán como también para ejecutarlas en caso requiera personal para controlar y dirigir cambios.

5.2.1.1. Responsables de la implementación

Para la implementación de las mejoras que se proponen es necesario contar con un equipo de personas encargadas y evaluadas para aplicar cambios, responsables de que el resto del personal adopte las medidas a tomar para reducir la problemática. El departamento encargado de la implementación en todas las áreas de la planta debe de ser el de calidad, ya que es el responsable de entregar un producto con los estándares que el cliente exige. Además es el departamento responsable de controlar y dirigir cualquier acción que conlleve a un cambio de los procedimientos, personal y maquinaria que se utilizan actualmente.

Debido a la alta demanda de trabajo que poseen los trabajadores y el jefe del departamento de calidad, es perjudicial asignarles nuevas tareas como ser

encargados de las implementaciones. Por ello se recomienda que esta tarea sea asignada al ingeniero de desarrollo de productos. Las atribuciones que actualmente posee el ingeniero de desarrollos y muestras, como se detallan en el capítulo 2.1.2, mezclan un trabajo operativo como administrativo. Por tanto, es conveniente reasignar las atribuciones de este puesto y crear uno nuevo, bajo el cargo del ingeniero de desarrollos y muestras, que se encargue de las atribuciones operativas que actualmente están asignadas. Por ello, el diseño para ambos puestos se detalla a continuación:

- Ingeniero de desarrollos y muestras: este puesto forma parte de la estructura organizacional de la planta de tejido, del departamento de calidad y está un escalón debajo del jefe del departamento de calidad.
 - Objetivos del puesto:
 - Gestionar todos los desarrollos de tela.
 - Controlar las aprobaciones y rechazos de clientes respecto a desarrollos y muestras entregadas.
 - Gestionar las implementaciones de mejoras en los procesos y procedimientos del departamento de calidad.
 - Distribuir y supervisar el cumplimiento de los procesos implementados por el departamento de calidad a la planta de producción.
 - Descripción de actividades:
 - Supervisar las solicitudes entrantes y salientes de desarrollos y muestras, verificando el cumplimiento de entregas en los tiempos acordados.
 - Verificar la calidad de las muestras previo al envío de las mismas, para garantizar un buen estado.

- Supervisar la documentación estricta de fabricación de desarrollos para contar con la información necesaria para el arranque de producción.
- Autorizar movimientos de inventario de hilo, compras, salidas por falta de uso.
- Programación de usos de máquinas de tejido para producción de desarrollos sin que interfieran en la producción normal.
- Aprobar los procesos de la planta de producción que estén relacionados con la calidad del producto, evaluación de cambios y mejoras constantes.
- Creación de diagramas de flujo de operaciones para poder apoyar los procesos que interfieran en la calidad de los productos.
- Supervisión de auditorías de materiales, herramientas y equipos utilizados en la planta de producción.
- Creación de informes con indicadores de varios:
 - ✓ Cumplimiento de entregas en fechas acordadas
 - ✓ Indicador de aprobaciones y rechazos de desarrollos.
 - ✓ Informe de fichas técnicas elaboradas por mes garantizando la validez de la información.
 - ✓ Informe mensual de estados de equipos y herramientas de la planta con relación a la calidad.
 - ✓ Informes varios para controlar los procesos y garantizar la calidad de los productos.
- Relaciones: el puesto de ingeniero de desarrollos y muestras tiene relación con una amplia cantidad de áreas y departamentos, las cuales se detallan a continuación:
 - Departamento de producción

- Departamento de mantenimiento
 - Área de auditorías internas
 - Departamento de inventarios
 - Planta de teñido y acabados
 - Departamento de calidad de teñido y acabados
 - Cliente final
 - Área de bodegas varias
- Dedicación: el puesto de ingeniero de desarrollos y muestras se desempeñará en un horario estándar en la empresa, de 7:00 a 17:00 horas de lunes a viernes y los días sábados de 8:00 a 12:00 horas.
- Auxiliar de desarrollos y muestras: el puesto de auxiliar de desarrollos y muestras forma parte de la planta de tejido, dentro del departamento de calidad, y tiene como jefe al puesto de ingeniero de desarrollos y muestras.
 - Objetivos del puesto:
 - Brindar apoyo en las tareas operativas que requiera el área de desarrollos y muestras.
 - Ejecutar tareas y actividades para la operación de desarrollos.
 - Realizar actividades que sean indicadas para la implementación de procesos que requiera el departamento de calidad.
 - Descripción de actividades:
 - Proveer la máquina de materia prima para la fabricación de desarrollos y muestras.
 - Analizar el tejido de cliente para replicarlo en el desarrollo, realizar mediciones de calidad como peso, ancho, consumo

de hilo, estructura de tejido, entre otros propios de cada diseño.

- Elaborar fichas técnicas con la información correspondiente a la fabricación de desarrollos.
 - Encargado de bodega de materia prima, mantener el orden y limpieza en el espacio asignado.
 - Auditar cumplimientos de procesos establecidos, estado de almacenamiento de materiales, estado de herramientas y equipos.
 - Proporcionar información necesaria para la elaboración de reportes, indicaciones las debe brindar el ingeniero de desarrollos y muestras.
- Relaciones: el puesto de auxiliar de desarrollos y muestras tiene relación con las áreas y departamentos de:
- Departamento de producción
 - Departamento de mantenimiento
 - Área de auditorías internas
- Dedicación: el puesto de auxiliar de desarrollos y muestras se desempeñará en un horario operativo de la empresa, en turno diurno, de 7:00 a 19:00 horas de lunes a viernes y los días sábados de 7:00 a 12:00 horas

5.2.1.2. Recurso humano para ejecución de implementaciones

Para la implementación de mejoras, es necesario instruir de los cambios y notificar a todo el equipo de trabajo de la planta de tejido KNIT la necesidad de

mejorar en el tema del peso de rollo de tela y notificar el impacto económico que tiene este problema.

Para la ejecución de las implementaciones es necesario dar instrucciones a los puestos de:

- Tejedores: es la parte más importante del recurso humano involucrado en el proceso de mejora del peso de rollo de tela, ya que son los encargados de verificar el buen funcionamiento de la máquina para evitar defectos en la tela que posteriormente provoquen cortes en el rollo, además de notificar al departamento de calidad y mantenimiento cualquier problema que presente la máquina. Las actividades para la ejecución de las implementaciones son:
 - Limpieza intensa de la máquina y área alrededor de la misma. Con ayuda del aire comprimido que posee cada máquina, realizar la limpieza extrayendo mota que puede ocasionar rupturas de hilo o de agujas.
 - Verificar que el contador de vueltas arranque junto con la máquina y funcione sin problemas. Tener la atención adecuada para verificar que la máquina se detenga de forma automática al llegar al momento que el contador llegue al número de vueltas, de lo contrario, hacer el paro manual y reportar el fallo al departamento de mantenimiento.
 - Reportar cualquier problema de la máquina, paros, ruptura de hilo, ruptura de agujas, entre otros, al departamento de mantenimiento.
 - Al ingresar el rollo de tela producido al sistema verificar que la lectura de la báscula sea correcta, verificar que no existan factores que influyan en la lectura de la misma y que la posición del rollo sea correcta dentro de la báscula.

- Verificar si el rollo ingresado está dentro de los límites de control a través del reporte en vivo, si no es así, tomar ajustes necesarios en contador de vueltas para que el próximo rollo esté dentro de los límites.
- Inspectores de calidad: deben auditar que la máquina y el proceso de tejido se esté llevando a cabo bajo las normas establecidas para los tejedores; la limpieza como principal variable, el funcionamiento correcto de los dispositivos de las máquinas, en especial los contadores de vueltas.
- Mecánicos: velar por el funcionamiento correcto de las máquinas para disminuir los defectos que provocan cortes en la tela, realizando diagnósticos completos y reportarlos al encargado de mantenimiento para la programación de mantenimientos preventivos o correctivos.
- Revisores: al ingresar el pesaje del rollo ya revisado verificar que se encuentre dentro de los límites de control; de lo contrario, tomar medidas como realizar un corte del peso que exceda o añadir un tramo de tela para agregar el peso necesario. Se debe verificarse que los cortes o uniones dentro del rollo no sean mayor a tres o será considerado como rollo H.

5.2.2. Maquinarias y herramientas

Se presenta el detalle de la maquinaria, equipo, tecnología y herramientas que se utilizan para mejorar el proceso y disminuir los rollos fuera de peso estándar. Ya con el recurso humano necesario para controlar, dirigir y ejecutar las implementaciones para mejorar la calidad con que se entrega el peso del rollo de tela, es indispensable contar con las máquinas y herramientas, tales como:

- Balanza nueva
- Contadores de vueltas para máquinas de tejido circular
- Equipo de computación nuevo
- Actualización de software que toma el peso del rollo y lo almacena en bases de datos.
- Cambios en reportes mostrada por el sistema
- Monitor de control
- Tablas o soportes para inspecciones de lectura de datos

5.2.3. Costos de implementaciones

Los costos de implementación se detallan en tres rubros:

- Costo por recurso humano: es el costo que provocan los cambios propuestos en el personal. Consiste en el salario de un operador que tendrá el puesto de Auxiliar de desarrollos y muestras. Su salario debe ser considerado como un operador. El salario lo maneja exclusivamente el departamento de recursos humanos, por lo que el monto específico debe ser validado con este departamento.
- Costo por ajuste del sistema: el ajuste del sistema incluye las horas del personal del departamento de informática para realizar los cambios solicitados en el capítulo 5.1.3. Dichas horas ya están incluidas en el salario del personal de informática, por lo que no representa un monto económico, pero sí un valor en tiempo para que el proyecto sea configurado y probado tal como se solicita. Además de esto se requiere la compra de un equipo de computación completo para remplazar el equipo de computación de lectura de producción, debido al estado en que se encuentra.

El valor del equipo de computación que cumple con los requerimientos para su funcionamiento es de Q 8 319,00. La cotización se encuentra en los anexos.

- Costo por equipo y maquinaria: el costo por maquinaria que se utiliza en las diferentes actividades propuestas consiste en las básculas y contadores de vueltas.

5.2.3.1. Costos por calibración de básculas de pesaje

La calibración de básculas debe realizarse por una empresa externa debidamente certificada por Norma 17 025 y COGUANOR 4 015 para comprobar el rendimiento de los dispositivos de pesaje y realizar la calibración.

La empresa Soluciones Exactas S.A. cuenta con certificaciones de calidad sobre la reparación, mantenimiento y calibración de equipos de medición avalados por el Centro Nacional de Metrología (Laboratorio Nacional de Metrología de Guatemala). El costo por calibración y mantenimiento de cada báscula es de Q 1 100,00 más el certificado de calibración, que tiene un valor de Q 200,00 c/u. El monto total de es de Q 2 600,00.

5.2.3.2. Costo por cambios de contadores de vueltas

El costo por la compra de 20 unidades de contadores de vueltas es de Q 4 300,00, según los registros de compras realizadas por el departamento de mantenimiento. Ellos son los responsables del cambio y compra de estos equipos.

CONCLUSIONES

1. Por medio del análisis del proceso productivo y el proceso de control por parte del departamento de calidad, se detectó que las principales causas de la variación del peso de rollo de tela están segmentadas en la falta de control y auditorías en la variable peso, y la falta de atención del recurso humano en los detalles del proceso.
2. Se desarrolló un diagrama de flujo para visualizar el proceso productivo de la fábrica de tejidos, lo cual permite y facilita detectar errores en el proceso, además de auditar que este se cumpla a cabalidad.
3. El título de hilo es un factor que debe auditarse por cada lote que ingrese a la planta, para garantizar desde la materia prima el cumplimiento de la calidad y exigir al proveedor que maneje una tolerancia reducida en la titulación de los distintos hilos.
4. Los defectos que provocan cortes en los rollos de tela se unen en las siglas CRMP (caídas, mallas, reventones y piquetes). Para la reducción de estos defectos es importante la limpieza de la máquina y del área alrededor de la misma, además de una constante revisión y detener la máquina ante cualquier problema, para que el departamento de mantenimiento intervenga.
5. Entre las variables determinadas como principales en el involucramiento del proceso productivo que impacta el peso de rollo se encuentran la maquinaria, la cual representa un 25 % de tela rechazada. Involucra

directamente al departamento de mantenimiento, pero con inferencia en los departamentos de producción y control de calidad, quienes dan alerta del correcto o equívoco funcionamiento de la maquinaria. El siguiente factor es la mano de obra y el proceso productivo, con un 23 % y 19 % respectivamente. Se determinan las causas de distracción del personal, la falta de atención a la máquina que conlleva a un mal funcionamiento de la misma y fallos en el proceso productivo.

6. Los equipos de medición que requieren atención son las básculas de pesaje, las cuales deben ser calibradas ya que han carecido de un mantenimiento preventivo y correctivo. Los contadores de vueltas que se encuentran dañados en las máquinas deben ser remplazados por contadores nuevos. Se analizaron todos los contadores y se determinó el remplazo de los más afectados.

7. Para la implementación de mejoras en el proceso productivo y maquinaria utilizada para la elaboración de tela, se requiere de actividades como la elaboración de reportes a través de gráficas estadísticas de control para monitorear el comportamiento del peso y tomar acciones instantáneas para la corrección, evitando volúmenes altos de unidades defectuosas. Así se presentan ajustes al sistema informático, el cual almacena y representa gráficamente la producción, con el fin de tener un control en tiempo real. Esto es aprovechable para el control de adaptación de ajustes en el proceso de inspección y control, además del proceso productivo en general.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar a los tejedores para limpiar adecuadamente la máquina con aire comprimido que se encuentra en la máquina, sin dañar dispositivos o piezas delicadas.
2. Capacitar a los inspectores para realizar una evaluación minuciosa del estado del equipo y del proceso de operación; capacitarlos en las técnicas estadísticas de muestreo para evaluar de forma uniforme la planta.
3. Dar instrucciones a los revisores y homogeneizar el criterio en el área, para que lo que no sea tolerante para uno, no sea tolerante para todos. De esta forma se evitará que exista variación en la clasificación de productos con calidad A y calidad H.
4. Asignar responsable del departamento de calidad para que atienda cualquier problema o queja de parte de tejedores o mecánicos, que tome las anotaciones de la investigación de cada caso y las reporte al ingeniero de desarrollo y muestras al encargado de la implementación.
5. Solicitar al departamento de mantenimiento un programa y plan de mantenimientos preventivos de cada máquina, para disminuir la cantidad de problemas y errores que presenten. Asignar responsable de calidad para dar seguimiento al cumplimiento de dicho plan.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASPIN, Chris. *La industria del Algodón*. Shire Library, 1981. 123 p.
2. BALTANÁS, Gabina. *Galga y Fontura: Técnicas de Indumentaria I*, Unidad practica No. 1. 2010. 6 p.
3. BARBA, Enric.; BOUX, Francesc; CUATRECASAS, Lluís. *Six Sigma. Una iniciativa de Calidad Total*. Editorial Gestión 2000. Barcelona, España. 2000. 214 p.
4. BAUGH, Gail. *Manual de tejidos para diseñadores de moda*. Barcelona, España: Parramón Ediciones, S.A., 2011. 320 p.
5. BURNHAN, Dorothy. *Warp and Weft: A Textile Terminology*. Toronto, Canadá. Royal Ontario Museum, 1980. 216 p.
6. ESPINOSA Jose. *Informe Tejido de Punto*. BitStream, 2013. 14 p.
7. GUTIERREZ PULIDO, Humberto. *Calidad Total y Productividad*. 3a edición. Editorial Mc Graw Hill. México. 2010. 363 p.
8. KAUFMANN, Jim. *Textile World 2014 a la Innovación Textil*. [En línea]. <<http://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/articulos/2015/04/avances-en-fabricacion-de-tejidos-de-punto/>>. [consulta 12 de abril de 2020].

9. MOLINA, Manuel. *Máquina de genero punto*. Omar. 2012. 70 p.
10. SALAZAR LÓPEZ, Bryan. *Gestión y control de calidad*. [En línea] <<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/>>. [consulta 11 de septiembre de 2019].
11. SANDOVAL, Daniela. *Título de un hilo*. [En línea] <http://www.academia.edu/24383507/EL_TITULO_DE_UN_HILO>. [consulta 23 de abril de 2020].
12. Textile Industries Media Group, LLC. 2013. *Textiles Industriales. Máquinas circulares para tejidos finos*. [En línea] <<http://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/articulos/2013/02/maquinas-circulares-para-tejidos-finos/>>. [consulta 12 de febrero de 2013].
13. VILLEGAS RECALDE, Ana Gabriela. *Establecimiento de normas de calidad en la fabricación de tela de punto de algodón en tela cruda y terminada en la fábrica pinto*. Trabajo de graduación de Ing. Ciencias aplicadas. Carrera de Ingeniería Textil, Universidad Técnica del Norte Ibarra Ecuador. 2014. 214 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Cálculos de graficas de control

Fórmulas para el cálculo de:

- Media: $\mu = \sum X/n$

En donde X es cada valor de peso en libras y n la cantidad de rollos.

- Máximo: el valor más grande del peso de rollo de tela.
- Mínimo: el valor más pequeño del peso de rollo de tela.
- Rango: *Máximo* – *Mínimo*

- Desviación estándar S: $\sqrt{\frac{\sum(X-\mu)^2}{n}}$

En donde X es cada valor de peso en libras, μ es la media calculada y n la cantidad de rollos.

- Límite superior LMS: $\mu + S$
- Límite inferior LMI: $\mu - S$

Continuación apéndice 1

Cálculo de gráfica X peso de rollo de tela de producción

Grafica x producción	Media	Máximo	Mínimo	Rango	No. Datos	S	LMS	LMI
Julio	55,328	56,999	54,000	2,999	11904	1,731766776	57,059	53,596
Agosto	55,325	57,000	54,000	3,000	11904	1,732026321	57,057	53,593
Septiembre	55,329	56,995	54,000	2,995	11520	1,730573602	57,060	53,599
Octubre	55,340	57,000	54,000	3,000	11904	1,73191526	57,072	53,608
Noviembre	55,324	56,998	54,000	2,998	11520	1,731574764	57,056	53,593
Diciembre	55,337	57,000	54,000	2,999	11520	1,731874109	57,069	53,605
PROMEDIO	55,331	56,999	54,000	2,999		1,732	57,062	53,599

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de gráfica X peso de rollo de tela ingresada a bodega.

GRAFICA X BODEGA	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	RANGO	No. Datos	S	LMS	LMI
Julio	54,829	56,973	54,000	2,973	11 904	1,724187708	56,553	53,105
Agosto	54,842	56,975	54,000	2,975	11 904	1,724727054	56,566	53,117
Septiembre	54,831	56,000	54,000	2,000	11 520	1,414213562	56,246	53,417
Octubre	54,852	56,000	54,000	2,000	11 904	1,414213562	56,266	53,438
Noviembre	54,837	56,000	54,000	2,000	11 520	1,414213562	56,251	53,423
Diciembre	54,864	56,300	54,000	2,300	11 520	1,516575089	56,380	53,347
PROMEDIO	54,843	56,375	54,000	2,375		1,535	56,377	53,308

Fuente: elaboración propia.

Cálculos para ajustes de gráficas de control

Fórmulas para DPO y Rendimiento de sigma

$$DPO = \frac{D}{U * O}$$

Donde:

D = Número de defectos observados en la muestra.

U = Número de unidades en la muestra (tamaño de la muestra).

O = Oportunidades de defectos por unidad.

$$Rendimiento = (1 - DPO) * 100$$

Continuación apéndice 1

Donde:

DPO = Defectos por oportunidad

$$DPO = \frac{7\,837,79}{70\,070,79 * 1} = 0,1118$$

$$Rendimiento = (1 - 0,1118) * 100 = 88,814 \text{ Rollos}$$

Calculo de límites superior e inferior para grafica de control X.

- Límite superior LMS: $\mu + A_2S$

Donde:

μ = media o promedio de valores

A_2 = valor constante de tabla de factores para control. La tabla se encuentra en la sección de Apéndices.

S = desviación estándar

- Límite inferior LMI: $\mu - A_2S$

Donde:

μ = media o promedio de valores

A_2 = valor constante de tabla de factores para control. La tabla se encuentra en la sección de Apéndices.

S = desviación estándar

Valores para peso de rollo de tela al salir de producción.

$$\text{LMS: } 55,331 + (0,483 * 1,732) = 56,167 \text{ lb.}$$

$$\text{LMS: } 55,331 - (0,483 * 1,732) = 54,494 \text{ lb.}$$

Donde el valor de A_2 es tomado de la tabla en la posición de 6 ya que la muestra es de 6 meses.

Continuación apéndice 1

Valores para peso de rollo de tela al ingresar a bodega.

LMS: $54,843 + (0,483 * 1,535) = 55,58$ lb.

LMS: $54,843 - (0,483 * 1,535) = 54,101$ lb.

Donde el valor de A_2 es tomado de la tabla en la posición de 6 ya que la muestra es de 6 meses.

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Conversión de sigma de proceso abreviado**

Yield %	Sigma	Opportunities	Yield %	Sigma	Opportunities
99.9997	6	3.4	93.32	3	66800
99.9995	5.92	5	91.92	2.9	80800
99.9992	5.81	8	90.32	2.8	96800
99.999	5.76	10	88.5	2.7	115000
99.998	5.61	20	86.5	2.6	135000
99.997	5.51	30	84.2	2.5	158000
99.996	5.44	40	81.6	2.4	184000
99.993	5.31	70	78.8	2.3	212000
99.99	5.22	100	75.8	2.2	242000
99.985	5.12	150	72.6	2.1	274000
99.977	5	230	69.2	2	308000
99.967	4.91	330	65.6	1.9	344000
99.952	4.8	480	61.8	1.8	382000
99.932	4.7	680	58	1.7	420000
99.904	4.6	960	54	1.6	460000
99.865	4.5	1350	50	1.5	500000
99.814	4.4	1860	46	1.4	540000
99.745	4.3	2550	43	1.32	570000
99.654	4.2	3460	39	1.22	610000
99.534	4.1	4660	35	1.11	650000
99.379	4	6210	31	1	690000
99.181	3.9	8190	28	0.92	720000
98.93	3.8	10700	25	0.83	750000
98.61	3.7	13900	22	0.73	780000
98.22	3.6	17800	19	0.62	810000
97.73	3.5	22700	16	0.51	840000
97.13	3.4	28700	14	0.42	860000
96.41	3.3	35900	12	0.33	880000
95.54	3.2	44600	10	0.22	900000
94.52	3.1	54800	8	0.09	920000

Fuente: Mendoza Juan. *ISixSigma*, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/documentos/apendiceA.pdf.

[Consulta 13 de marzo 2020]

Anexo 2. Valores de control

<i>n</i>	<i>x</i> -charts				<i>s</i> -Charts				<i>R</i> -charts					
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	0	3.267	0	2.606	1.128	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	0	2.568	0	2.276	1.693	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	0	2.266	0	2.088	2.059	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	0	2.089	0	1.964	2.326	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	5.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Fuente: Hernández Garza, Macario. Tablas de constantes para graficas de control. www.optyestadistica.wordpress.com/2008/08/27/tabla-de-constantes-para-graficos-de-control/. Consulta 12 de abril 2020

Anexo 3. Cotización de compra de equipo de computación

Lista de compra

	<p>DELL OPTIPLEX 7060 I5 8500 3GHZ 8GB 256GB WIN10 PRO SFF 3YRS ON SITE</p> <p>Precio Unitario Q7,548.00 Descuento -Q,00 Sub Total Q7,548.00</p>	<p>- 1 +</p> <p>Eliminar</p>
	<p>MONITOR LED AOC 15.6" E1670SWU-E PUERTO USB 1366x768</p> <p>Precio Unitario Q594.00 Descuento -Q,00 Sub Total Q594.00</p>	<p>- 1 +</p> <p>Eliminar</p>
	<p>TECLADO + MOUSE INALAMBRICO KLIP XTREME KKW- 1105 MMEDIA ESPAÑOL</p> <p>Precio Unitario Q177.00 Descuento -Q,00 Sub Total Q177.00</p>	<p>- 1 +</p> <p>Eliminar</p>

Forma de pago

Tarjeta de Credito o Debito ▼

Sub Total	Q8,319.00
Descuento	Q.00
Total	Q8,319.00

[Proceder con la compra](#)

[Agregar otro producto](#)

[Ver condiciones](#)

Fuente: Intelaf. *Cotizacion equipo de computación*.www.intelaf.com. Consulta 25 de mayo de 2020.

Anexo 4. Cotización de mantenimiento y calibración de básculas



Soluciones Exactas, S.A.

SOLUCIONES EXACTAS, S.A.

Venta, Mantenimiento y Reparación
de Básculas y Balanzas
Kits de Conversión de Tolvas
Y básculas Mecánicas

Guatemala, 29 de Mayo del 2020

SE2020/05/2319

Señores:

TALLERES TEXTILES MT

Attn. Ing. Héctor López

San Andrés Itzapa Chimaltenango.

Estimado Ing. López:

Atendiendo a su amable solicitud, adjunto encontrará nuestra cotización por Servicio de Mantenimiento preventivo y calibración a las básculas detalladas a continuación:

Cantidad y Descripción	Marca	Modelo	Serie	Capacidad	Precio Q.
1 Báscula Electrónica	Ohaus	Defender 2000	S/S	40 kg	Q1,100.00
1 Báscula Electrónica	Ohaus	Defender 2000	S/S	60 kg	Q1,100.00
2 Certificados de calibración	Q200.00 C/U				Q 400.00
TOTAL GENERAL:					Q2,600.00
PRECIO INCLUYE IVA, KILOMETRAJE Y GASTOS DE VIAJE.					

EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO INCLUYE:

- ✓ Revisión general
- ✓ Limpieza general
- ✓ Revisión de tarjetas electrónicas
- ✓ Revisión de celdas de carga
- ✓ Revisión de indicador digital
- ✓ Comprobación de peso con pesas patrón
- ✓ Ajuste de peso.

CALIBRACIÓN INCLUYE:

- ✓ Pruebas de Excentricidad
- ✓ Pruebas de Repetibilidad
- ✓ Pruebas de Exactitud

2a Calle 1-85 Colonia Lomas de Portugal, zona 1 de Misca Guatemala, C.A.
Tel: (502) 24286277 - 24285586 - 59885590

soe@soluciones-exactas.com www.soluciones-exactas.com

**DISTRIBUIDORES DE LA MARCA AVERY WEIGH TRONIX – BRECKNELL PARA TODA CENTRO AMERICA
CON CEDE EN NICARAGUA, C.A.**



Soluciones Exactas



(502) 5988 5590

Fuente: Soluciones Exactas. Cotización mantenimiento equipo de medición. www.soluciones-exactas.com. Consulta 29 de mayo de 2020.