

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE MEJORAS PARA LA REDUCCIÓN DEL DEFECTO “HILO ROTO”
EN LOS ROLLOS DE TOALLAS EN UNA EMPRESA TEXTIL UBICADA EN
CARACAS, VENEZUELA.”**

TOMO I

TRABAJO DE GRADO

Presentando ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

Ingeniero Industrial

REALIZADO POR: Br. Bolívar, Wilhelm Samuel

PROFESOR GUÍA: Ing. Luis Gutiérrez

FECHA: Octubre del 2019

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE MEJORAS PARA LA REDUCCIÓN DEL DEFECTO “HILO ROTO”
EN LOS ROLLOS DE TOALLAS EN UNA EMPRESA TEXTIL UBICADA EN
CARACAS, VENEZUELA.”

Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:

Firma: _____

Firma: _____

Firma: _____

Nombre: _____

Nombre: _____

Nombre: _____

REALIZADO POR: Br. Bolívar, Wilhelm Samuel

PROFESOR GUÍA: Ing. Luis Gutiérrez

FECHA: Octubre del 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE MEJORAS PARA LA REDUCCIÓN DEL DEFECTO “HILO ROTO”
EN LOS ROLLOS DE TOALLAS EN UNA EMPRESA TEXTIL UBICADA EN
CARACAS, VENEZUELA.”**

Autor: Bolívar, Wilhelm Samuel

Fecha: Octubre del 2019

RESUMEN

El presente estudio fue desarrollado para diseñar mejoras en el control de los procesos relacionados a la formación de rollos de toallas para la reducción del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas en la empresa textil C.A Telares de Palo Grande, ubicada en la parroquia Caricuao. Para su desarrollo fue necesario la caracterización de los procesos de producción asociados a la formación de rollos de toallas y de esta manera lograr identificar los principales factores que influyen en la problemática que posee la empresa con respecto a la generación del defecto. Seguidamente se analizaron las causas de los factores determinados asociados al proceso productivo que influyen directamente sobre la calidad de los rollos de toallas y de esta manera poder diseñar mejoras que permitan mitigar las causas expuestas. Finalmente se estimaron los costos asociados a la aplicación de las mejoras propuestas, considerando el beneficio cualitativo que recibiría la empresa al implementarlas. Logrando, la generación de nuevos controles en los procesos caracterizados que aporten a la disminución del defecto en los rollos de toallas.

Palabras claves: calidad, control, estadística, procesos, roturas de urdimbre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
1 CAPÍTULO I: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Definición del problema	2
1.2 Interrogantes	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Alcance	4
1.5 Limitaciones.....	5
2 CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1 Descripción de la empresa	6
2.2 Organigrama de la empresa	6
2.3 Antecedentes.....	7
2.4 Definiciones generales.....	7
2.4.1 Hilo roto.....	7
2.4.2 Telar.....	7
2.4.3 Trama y urdimbre	7
2.4.4 Madeja	8
2.4.5 Felpa	8
2.4.6 Fondo	8
2.4.7 Título del hilo	8
2.4.8 Pasadas por pulgada	8

2.4.9	Altura de rizo	8
2.4.10	Lote	8
2.4.11	Referencia	8
2.4.12	Apertura	9
2.4.13	Cardado	9
2.4.14	Estirado	9
2.4.15	Hilatura	9
2.4.16	Retorcido	10
2.4.17	Urdido	10
2.4.18	Encoladora	10
2.4.19	Engomado	10
2.4.20	Eficiencia	11
2.4.21	RPM Telar	11
2.4.22	Índice de roturas (Urdido/Engomado)	11
2.4.23	Pre secado de los hilos	11
2.4.24	Presión exprimido tina	11
2.4.25	Tensión del plegador	12
2.4.26	Presión rodillo	12
2.4.27	Encolante	12
2.4.28	Concentración de la solución	12
2.5	Proceso productivo	13
2.5.1	Recepción de materia prima.	13
2.5.2	Selección, apertura y limpieza	13
2.5.3	Hilandería	14
2.5.4	Preparación	14

2.5.5	Engomado	14
2.5.6	Tejido.....	15
2.5.7	Tintorería	15
2.5.8	Confección.....	16
2.6	Clasificación en grados de calidad.....	16
2.7	Concepto de calidad.....	16
2.8	Influencia de la humedad en los procesos textiles	16
3	CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	18
3.1	Tipo de estudio.....	19
3.2	Población y muestra.....	19
3.3	Recolección de los datos.....	20
3.3.1	Entrevistas no estructuradas	20
3.3.2	Observaciones.....	21
3.3.3	Variables recolectadas	21
3.4	Técnicas y herramientas.....	22
3.4.1	Diagrama de proceso	23
3.4.2	Diagrama causa y efecto.....	24
3.4.3	Matriz de priorización “Método del conceso de criterio”	24
3.4.4	Diagrama de Pareto	25
3.4.5	Diagrama por qué, por qué	25
3.4.6	Diagrama cómo cómo.....	25
3.5	Herramientas estadísticas.....	26
3.5.1	Atípicos.....	26
3.5.2	Casos atípicos: Distancia de Mahalanobis.....	26
3.5.3	Regresión logística binaria	27

3.5.4	Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	28
3.5.5	Prueba Kruskal – Wallis.....	29
3.5.6	Diseño de experimentos.....	30
4	CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	34
4.1	Vista previa del proceso de formación de rollos de toallas.	35
4.2	Caracterización de los procesos de producción.	36
4.2.1	Diagrama de procesos de hilandería.....	36
4.2.2	Diagrama de procesos de preparación.....	37
4.2.3	Diagrama de procesos de tejeduría.....	38
4.3	Identificación de los factores que influyen en la producción del defecto en los rollos de toallas.....	39
4.4	Análisis de las causas de los factores que intervienen en la aparición del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas.....	40
4.4.1	Referencias sometidas a estudio.....	44
4.4.2	Análisis de las variables del proceso de preparación de las madejas.....	47
4.4.3	Incidencias de los factores temperatura y porcentaje de humedad relativa en el ambiente con respecto a las roturas de urdimbre.....	53
4.4.4	ANOVA 2 Factores, influencia de la temperatura y humedad relativa en las roturas de urdimbre.....	55
4.4.5	Desconocimiento de la trazabilidad del producto.....	57
4.4.6	Matriz de priorización “Método del consenso de criterio”.....	60
4.4.7	Pareto de causas.....	61
5	CAPÍTULO V: DISEÑO DE MEJORAS	63
5.1	Sistematización para el control de procesos de las madejas en tejeduría.....	63
5.1.1	Monitoreo de los parámetros de producción de las madejas en las engomadoras.....	

5.1.2	Clasificación de las madejas en función de su tratamiento en el engomado..	66
5.2	Control de temperatura y humedad relativa en la Tejeduría.....	68
5.2.1	Limitación del espacio.....	68
5.2.2	Mantenimiento del sensor de humedad relativa.	68
5.2.3	Registro de datos en el sistema de medición.	69
5.3	Mantenimiento de la varilla para urdimbre.....	70
5.4	Trazabilidad del producto en los procesos asociados a la formación de rollos de toallas.....	70
5.4.1	Funcionalidad del sistema.	70
5.4.2	Análisis de los datos obtenidos.....	71
5.5	Estimación costo beneficio.	73
6	CAPÍTULO VI MODELO OPERATIVO	76
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
7.1	Conclusiones.....	79
7.1.1	Objetivo 1: Caracterización de los procesos de producción asociados a la formación de toallas con el defecto en los rollos de toallas.	79
7.1.2	Objetivo 2: Identificación de los factores que influyen en los procesos asociados a la formación de toallas con el defecto en los rollos de toallas.	79
7.1.3	Objetivo 3: Análisis de las causas de los factores que intervienen en la generación del defecto en los rollos de toallas.	80
7.1.4	Objetivo 4: Formulación de acciones que mitiguen las causas analizadas. ...	81
7.1.5	Objetivo 5 Valoración de la relación costo beneficio.	81
7.1.6	Conclusión general	81
7.2	Recomendaciones	82
8	Bibliografía.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura organizacional de la empresa	6
Figura 2 Proceso productivo de C.A. Telares de Palo Grande	13
Figura 3 Esquema metodológico.	18
Figura 4 Variables sometidas a análisis.....	22
Figura 5 Cálculo de región crítica Prueba de Mann Whitney	30
Figura 6 Análisis de varianza para el ANOVA de un solo factor	31
Figura 7 Modelo estadístico e hipótesis de interés.....	31
Figura 8 Restricciones en el modelo ANOVA 2 factores	32
Figura 9 Hipótesis a probar ANOVA 2 Factores.....	32
Figura 10 ANOVA para el diseño factorial a x b	33
Figura 12 Diagrama de procesos para la fabricación del hilo.....	36
Figura 13 Diagrama de procesos para la preparación del material a tejer	37
Figura 14 Diagrama de procesos del proceso del área de tejeduría	38
Figura 15: Diagrama causa efecto generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas.	39
Figura 16: Diagrama ¿Por qué Por qué? rama material.....	40
Figura 17: Diagrama ¿Por qué?, ¿ Por qué? rama medición.....	41
Figura 18: Diagrama ¿Por qué, Por qué? rama maquinaria.	41
Figura 19: Diagrama ¿Por qué Por qué? rama Mano de Obra.	42
Figura 20: Diagrama ¿Por qué, Por qué? rama Métodos.	42
Figura 21: Diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué? rama Medio Ambiente.....	43
Figura 22 Agenda de los análisis a ejecutar	43
Figura 23 Total de toallas con “hilo roto” del lote de producción clasificadas por densidad distribuida por periodo de tiempo mes año.	45
Figura 24 Diagrama caja y bigotes para la métrica toallas con el defecto "hilo roto" contra las toallas inspeccionadas del lote por referencia.	45
Figura 25 Resultados muestreo aleatorio simple sobre los lotes de toallas de los productos de alta y baja densidad de tejido	45
Figura 26 Resultados prueba Kolmogorov Smirnov para productos de alta y baja densidad de tejido	46

Figura 27 Salida Minitab, prueba Mann Whitney	47
Figura 28 Resultado prueba de bondad Kolmogorov Smirnov para la variable roturas por tramas insertadas.....	54
Figura 29 Clasificación de los factores Temperatura y Humedad relativa.....	55
Figura 29 ANOVA 2 Factores Roturas por tramas insertadas versus Temperatura y Humedad relativa en el ambiente.....	55
Figura 30 Análisis grupo de temperaturas a humedad relativa fija entre 73% y 83%.....	56
Figura 34 Promedio de roturas por grupos de condiciones ambientales	57
Figura 35 Desconocimiento de la trazabilidad del producto	57
Figura 36 Pérdida de datos a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas ..	58
Figura 37 Pareto de causas generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas	61
Figura 38 Diagrama ¿Cómo?,¿Cómo?	63
Figura 39: Funcionamiento del sistema de monitoreo de las engomadoras.....	65
Figura 40: APP Clasificación de madejas	66
Figura 41: Proceso de Búsqueda y posicionamiento de las madejas	67
Figura 44 Modelo Operativo	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes del estudio	7
Tabla 2: Referencias a estudiar.....	44
Tabla 3: Variables de estudio en el proceso de preparación de la madeja máquina WP1....	48
Tabla 4: Resultado prueba Hosmer y Lemeshow salida SPSS.....	49
Tabla 5: Resultados variables críticas del modelo.....	50
Tabla 6 Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo mínimo de variables.	50
Tabla 7: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP1...	51
Tabla 8: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP2...	52
Tabla 9 Variables a controlar en la engomadora WP1	53
Tabla 10 Variables a controlar en la engomadora WP2	53
Tabla 11 Matriz de priorización para ponderación de causas	61
Tabla 12 Costos sobre el diseño de mejora 5.1	73
Tabla 13 Costos sobre el diseño de mejoras 5.2.....	74
Tabla 14 Mejoras y beneficios con el control de humedad en la tejeduría.	74
Tabla 15 Costos sobre el diseño de mejoras 5.4.....	75

INTRODUCCIÓN

El control de calidad se refiere al conjunto de acciones coordinadas que se llevan a cabo en la producción de un bien o servicio para lograr cumplir con los estándares de fabricación, dicha herramienta debe de tomarse en consideración para organizar, dirigir y controlar la calidad en el sistema de producción con el objetivo satisfacer las necesidades del cliente.

El presente trabajo de grado es un caso de estudio en el cual se desarrolla el análisis de los procesos de producción, con respecto al control de calidad de los rollos de toallas, relacionado con la reducción del defecto “hilo roto”.

Para identificar los factores que influyen en la generación del defecto, fue necesario el uso de técnicas de exploración como el diagrama Ishikawa, matriz de priorización y el diagrama de Pareto, para el alcance de los objetivos planteados se utilizaron técnicas de registro y análisis de datos como diagramas de procesos, gráficos y herramientas estadísticas. Para analizar las causas de los factores identificados y diseñar las mejoras que permitan reducir el efecto en las problemáticas presentadas, todas las mejoras son detalladas en el desarrollo del trabajo. Dichas mejoras se van a convertir en un beneficio para la empresa, materializando la implementación de nuevos controles de procesos y recomendaciones para la mejora de los procesos, con el objetivo principal de desarrollar rollos de toallas que cumplan con los requerimientos (porcentaje de toallas con el defecto “hilo roto” contra el total de toallas del lote, inferior al 1,8%). Este trabajo se estructura de la siguiente forma Definición del Problema **Capítulo I** el cual consiste en el planteamiento del mismo, formulación de las interrogantes, el detalle de los objetivos general y específicos, luego se describen el alcance y limitaciones encontradas. Marco Referencial **Capítulo II** el cual contiene los antecedentes más relevantes y los fundamentos teóricos utilizados como guía para el desarrollo de este estudio. Marco Metodológico **Capítulo III** donde se indica el tipo de estudio, instrumentos utilizados para la recolección, el proceso y análisis de los datos. Presentación y análisis de los resultados **Capítulo IV** Incluye la presentación de las técnicas y análisis correspondiente al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos. Diseño de mejoras **Capítulo V** describe un plan de mejoras que incluye nuevos controles de calidad y mejoras de las condiciones del proceso productivo que permiten contrarrestar los factores que influyen en

la problemática presentada. Modelo operativo **Capítulo VI** donde se describe el procedimiento a seguir para un problema similar.

Conclusiones y recomendaciones incorpora la cobertura de los objetivos específicos, destacando los hallazgos y resultados, además de las sugerencias del investigador con respecto a acciones futuras.

1 CAPÍTULO I: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se presenta una descripción del problema el cual se busca resolver mediante el establecimiento de un objetivo general y diversos objetivos específicos. Dicho trabajo presenta un alcance y limitaciones que se explican en el mismo.

1.1 Definición del problema

El control de calidad se refiere al conjunto de acciones coordinadas que se llevan a cabo en la producción de un bien o servicio para lograr cumplir con los estándares de fabricación, dicha herramienta debe de tomarse en consideración para organizar, dirigir y controlar la calidad en el sistema de producción con el objetivo satisfacer las necesidades del cliente.

C.A Telares de Palo Grande es una empresa que fabrica textiles, en donde el producto foco de este estudio son las toallas, para la producción de este producto se utiliza algodón nacional que mediante una serie de acciones en el área de hilandería se convierte en hilo, luego una serie de procesos de producción son encargados de preparar el hilo, tejer las toallas y teñirlas, para iniciar con el proceso de confección. La empresa textil tiene la necesidad de asegurar la calidad en los procesos previos al teñido de las toallas, mediante la mejora continua de los procesos, para brindar un producto en óptimas condiciones.

El departamento de gestión de la calidad mediante la revisión de los datos históricos y entrevistas con a los trabajadores involucrados en el proceso productivo, pudo determinar que para el año 2018 se obtuvo un porcentaje de toallas de segunda (posee defectos) de 15% con respecto al total producido, afectando a un total de 27.200 toallas, de las cuales el 65% del total de toallas de segunda se deben al defecto “hilo roto”, que al finalizar el año cerró con 18.000 toallas defectuosas, toda esta cantidad de toallas defectuosas comprometen la rentabilidad de la empresa, puesto que se invierten la misma cantidad de recursos en un producto de segunda (posee defectos) y un producto de primera (no posee defectos) cuando el valor en el mercado de la toalla de segunda será inferior al producto de primera.

Un síntoma que se apreció en la organización fue que desde el mes de mayo del año 2018 para la métrica toallas con defecto “hilo roto” (generación de un orificio en la toalla debido a la rotura de urdimbre en el proceso de tejido), contra las toallas revisadas obtuvo un

valor de 7% toallas defectuosas con respecto al total de toallas producidas de ese mes y existe un incremento con una tendencia lineal que logra el ascenso de la métrica en el mes de diciembre con 19% toallas defectuosas con respecto al total producido de la tejeduría, (La tolerancia que se tiene para el control del defecto en la tejeduría es de 1,8% de toallas defectuosas con “hilo roto” con respecto al total de toallas producidas en esta área).

Este defecto se genera producto de las roturas de urdimbre. Para el año 2018 se observó una caída en el tiempo productivo, donde el tiempo eficiente de producción mantuvo un promedio de 4 horas, en un turno de 8 horas de duración. Se determinó que la causa se debe a las constantes roturas en las operaciones de tejeduría porque en promedio el telar estuvo detenido 30% del tiempo de producción a razón de dicha causa. El tiempo promedio de producción por turnos “meta” de la tejeduría es de 6 horas de producción lo cual se traduce en un 75% de ocupación del telar, este síntoma se debe a consecuencia de la recepción de madejas deficientes, lo cual radica en el desconocimiento de las variables críticas del proceso de engomado (Temperaturas de los cilindros de secado, presión en las diferentes líneas, temperatura y sólidos disueltos en la tina, tensión del plegador al igual que la presión de rodillo y exprimido), por parte del personal de control de procesos de la planta textil, el efecto que causa la variación de cada parámetro en el engomado.

Debido a la falta de control en los procesos asociados a la formación de rollos de toallas trae como consecuencia, la falta de un indicador para la clasificación de las madejas (Hilo recogido en vueltas iguales en un plegador) puesto que actualmente, el indicador que se tiene en operación para la clasificación de madejas es empírico y no refleja la realidad de lo que ocurre actualmente en el proceso, es de vital importancia poder predecir el comportamiento de la madeja antes de que se consuma en el telar para evitar la sobreproducción de material defectuoso.

1.2 Interrogantes

De acuerdo al planteamiento del problema surgen las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los procesos de producción asociados a la generación del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas?
- ¿Cuáles son los factores que pueden producir el defecto “hilo roto” en los rollos de toallas?

- ¿En qué parte del proceso productivo se puede originar las causas que afectan a la producción del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas?
- ¿Cuáles pueden ser las mejoras para el control de procesos que se pudieran implementar para disminuir las causas?
- ¿Cuáles aspectos ayudarían a mejorar el control de procesos para los rollos de toallas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar mejoras para la reducción del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas de una empresa textil ubicada en Caracas, Venezuela.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los procesos de producción asociados a la generación del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas.
- Identificar los factores que influyen en los procesos descritos.
- Analizar las causas de los factores que intervienen en la aparición del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas.
- Formular acciones que mitiguen las causas analizadas.
- Valorar la relación costo beneficio de las posibles acciones.

1.4 Alcance

El Trabajo de grado tiene como elemento principal un diseño de mejoras para la reducción del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas, en la empresa Telares de Palo Grande, ubicada en el oeste de la región capital, Venezuela, en la zona industrial Ruiz Pineda, en la parroquia Caricuao.

La elaboración del Trabajo de grado se realiza en el período comprendido entre el mes de abril hasta el mes de septiembre del año 2019, el periodo de estudio de los datos a analizar abarca desde el 1/8/17 hasta el 14/12/18.

Los procesos a los cuales se someten a estudio, son los desempeñados en aquellos departamentos relacionados con la aparición del defecto “hilo roto”, en los rollos de toallas. El estudio contempla las alternativas para el diseño de mejoras a los métodos asociados a la

calidad de los rollos de toallas con respecto al defecto “hilo roto”, caracterizando los procesos que se encuentran involucrados a través de un diagrama de procesos, que luego permitirá identificar los posibles factores que afectan a la generación del defecto “hilo roto”, mediante un diagrama de causa-efecto y analizando las causas que los provocan con un diagrama ¿Por qué, por qué?, para luego establecer las acciones que disminuyan las causas en los procesos involucrados, antes mencionados implementando un diagrama ¿Cómo, cómo?, determinado los posibles recursos, herramientas estadísticas y controles que aseguren la implementación de acciones diseñadas con la finalidad de conseguir mejoras para controlar y garantizar la reducción del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas. Todas estas acciones serán evaluadas de acuerdo a un análisis de costo beneficio.

1.5 Limitaciones.

- Ausencia de datos históricos de las variables de producción.
- Confidencialidad de los costos de producción en la empresa.
- Falta de disponibilidad de algún trabajador al momento que se requiera.
- Ausencia de trazabilidad desde el área de hilandería, hacia el área de preparación.

2 CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente capítulo se enuncian los antecedentes y fundamentos teóricos que dan sustento al presente trabajo realizado en la empresa C.A Telares de Palo Grande.

2.1 Descripción de la empresa

Telares de Palo Grande es una empresa que se dedica desde su fundación, a la fabricación de productos textiles acabados e introducir al mercado venezolano productos “Ama de Casa”, en el cual transforman el algodón como materia prima hasta obtener las toallas de baño como producto terminado en distintas líneas y tamaño. También se encargan de la confección de telas importadas para la elaboración de productos para dormitorio como: sabanas, cobijas, almohadas, entre otros.

Esta empresa se diferencia por sus valores, y la constante innovación que realiza para captar distintos competidores y mercados venezolanos e internacionales con nuevas líneas de productos. La manufactura de todos estos productos se realiza en la planta textil ubicada en la zona industrial, Ruiz Pineda, Caracas, Venezuela, por lo tanto, la investigación se realizará en esta localidad que fue fundada en 1961.

2.2 Organigrama de la empresa

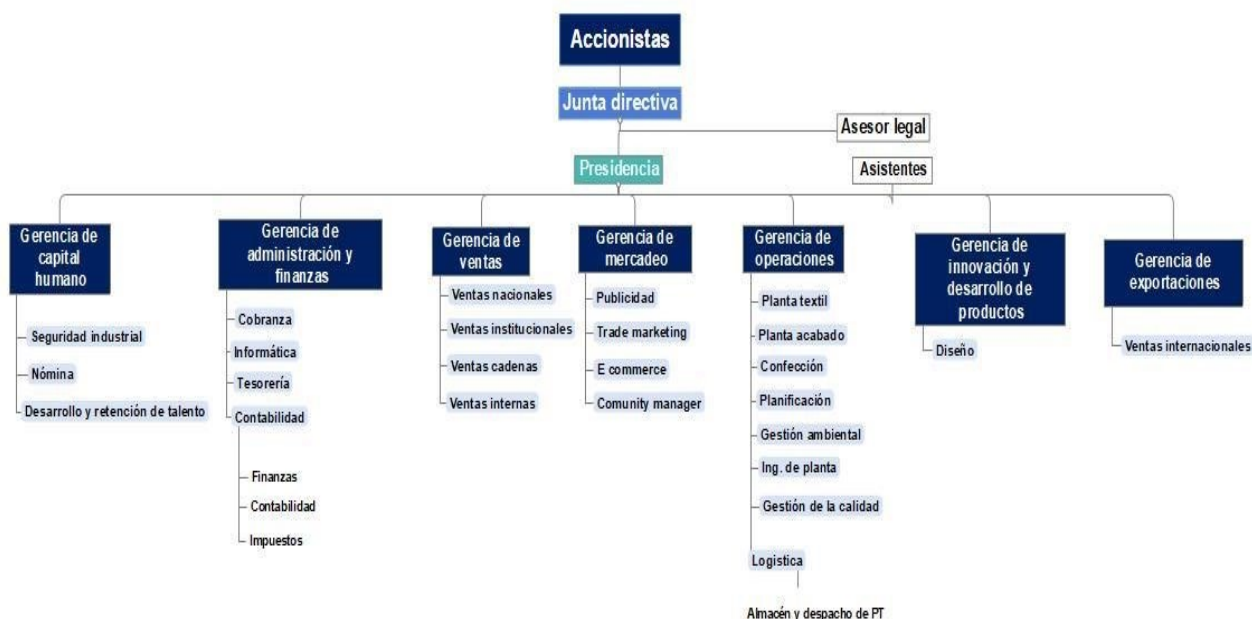


Figura 1 Estructura organizacional de la empresa
Fuente: propia

2.3 Antecedentes

Tabla 1 Antecedentes del estudio

Fuente: Propia

Título del trabajo	Autores	Universidad	Año	Aportes
“DISEÑO DE MEJORAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA TEXTILERA UBICADA EN CARACAS, VENEZUELA.”	María Gabriela Urdaneta	UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO	2018	Ayuda en el diseño de la mejora para el control de temperatura y humedad.
“PROPUESTA DE MEJORAS EN EL PROCESO DE TEJIDO PARA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE DEFECTOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA COFACO INDUSTRIES S.A.C EN EL AÑO 2017”	Verónica Vásquez Flores	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	2017	Ayuda en la estructura del tomo.

2.4 Definiciones generales

En el siguiente apartado se definen una serie de términos que están relacionados con los conceptos básicos textiles permitiendo una lectura con mayor continuidad, para mayor información diríjase al tomo de anexos y visualice el (ANEXO A DEFINICIONES GENERALES).

2.4.1 Hilo roto

Según Lockuán (2012), “Agujero en el tejido, producido por roturas de hilos de urdimbre y trama”. (p.110)

2.4.2 Telar

Lockuán (2012) indica que el tejido se lleva a cabo en una máquina llamada telar y a esta operación se le conoce como tisaje. Cada uno de ellos es responsable de realizar el tejido de una referencia a la vez a través de un diseño previo (dibujo) y al momento que se desee manufacturar otro producto se hace un cambio de artículo o de referencia.

2.4.3 Trama y urdimbre

“La serie vertical se denomina urdimbre y a cada elemento de ésta hilo. El ancho de la totalidad de la urdimbre forma el ancho del tejido”. Por su parte Lockuán (2012), indica

que “la serie horizontal es la trama y a cada elemento de ésta se le llama pasada. Las pasadas son introducidas dentro de la urdimbre y en su totalidad forman el largo del tejido” (p.17). El cruce de ambos elementos sigue un orden establecido según un diseño o dibujo y de esta manera formar el tejido deseado.

2.4.4 Madeja

Hilo recogido en vueltas iguales en un plegador.

2.4.5 Felpa

Es un tejido hecho con bucles, que forma el rizo de la toalla.

2.4.6 Fondo

Es el tejido que forma el cuerpo de la toalla.

2.4.7 Título del hilo

Es una expresión numérica que indica la relación entre el peso y la longitud de los materiales textiles de hilandería. (Lockuán, La industria textil y su control de calidad III. Hilandería, pág. 88). El sistema que se utiliza es el número inglés (Ne) el cual emplea la longitud (840 yardas) y como unidad de masa una libra inglesa (453.6 gramos).

2.4.8 Pasadas por pulgada

Cantidad de trama que pasa por una pulgada.

2.4.9 Altura de rizo

Es la altura que poseen los bucles de las toallas

2.4.10 Lote

Es una cantidad especificada de rollos de toallas con características similares. El lote puede estar formado por 6, 5, 4, 3 rollos, de acuerdo al tamaño de la toalla correspondiente a mano o facial y toallas: intermedia, baño y jumbo respectivamente.

2.4.11 Referencia

Es la asignación de un código, para especificar el tipo de producto en producción.

2.4.12 Apertura

Según Lockuán (2012), el proceso de apertura consiste en abrir los copos de material para reducir su tamaño, dado que el material puede presentarse con enredos que dificultarían las operaciones siguientes de estirado. Además, al abrir los copos de fibra, se facilita la eliminación de las impurezas atrapadas dentro de ellos.

2.4.13 Cardado

Según Lockuán (2012), “Es una operación clave en el proceso de hilatura y determina directamente las características finales del hilo, una idea de su importancia nos la da el hecho de que se le considera el corazón de la hilatura.

Son muchos los objetivos del cardado, aunque pueden resumirse como:

- Apertura de los copos de fibras e individualización de éstas.
- Eliminación de las impurezas contenidas en el material que no fueron eliminadas en los procesos de limpieza previos.
- Selección de fibras en base a su longitud, removiendo las fibras cortas.
- Paralelizado y estiramiento de las fibras.
- Elaboración de una cinta, es decir, en una masa de fibras sin torsión”. (p.16)

2.4.14 Estirado

Según Lockuán (2012), “El estiraje es el adelgazamiento de una cinta o mecha al hacer deslizar unas fibras sobre las otras. El valor numérico del estiraje viene dado por la relación entre la longitud final de la cinta y la primitiva. Es un número abstracto, y es siempre positivo”. (p.19)

2.4.15 Hilatura

Según Lockuán (2012), la hilatura “Consiste en elaborar o fabricar el hilo a partir de una mecha o cinta, puede realizarse en una variedad de máquinas que estira y confiere cohesión a la masa de fibras, obteniéndose el hilo que se pliega sobre un formato determinado”. (p.23)

2.4.16 Retorcido

Según Lockuán (2012), “Si el uso final del hilo lo requiere, entonces se llevan dos o más cabos a una máquina que los reúne y los fija mediante torsión” (p.23).

2.4.17 Urdido

Según Lockuán (2012), “Consiste en colocar la urdimbre en un formato cilíndrico (rollo), con los hilos paralelos y con una longitud mayor al del metraje del tejido, según la contracción que éstos reciban en el telar” (p.6). La operación se realiza en las máquinas urdidoras y éstas pueden ser de dos tipos:

- Urdidora directa: La urdimbre pasa de la fileta al rollo, que contiene una fracción del total de hilos que se requiere en el tejido.
- Urdidora indirecta: Usada cuando se requiere trabajar hilos de urdimbre con diferentes características, por lo que es necesario que el orden de los mismos no se altere. La urdimbre se deposita primero sobre un tambor, formando grupos (cintas), luego, cuando se completa el número de hilos para el tejido, se pliega recién sobre el rollo

2.4.18 Encoladora

Según Seydel (1979) sostiene que la encoladora (engomadora), consta de una fileta que sostiene los plegadores de urdido, una caja de cola donde el hilo se reviste con la mezcla encolante, rodillos exprimidores para revestir el hilo encolado, el equipo de tren de secado, un sistema de varillas de cruz para separar los hilos que se han pegado entre sí por la cola, y un dispositivo para enrollar los hilos sobre un rollo de telar. Actualmente en la empresa se cuentan con dos máquinas denominadas (WP1, WP2).

2.4.19 Engomado

Según (Lockuán, La industria textil y su control de calidad IV Tejeduría, pág. 9) “El engomado consiste en recubrir los hilos de la urdimbre con un agente adecuado y se lleva a cabo sumergiéndolos en una artesa o recipiente que lo contiene. El encolante se deja secar en el hilo, donde permanece hasta que es eliminado en operaciones posteriores en la planta de tintorería (desengomado).

El objetivo de este proceso es proteger la urdimbre de las fuerzas de tracción, flexión y abrasión que sufre en el telar, aumentado su resistencia y reduciendo la pilosidad, para reducir al mínimo sus roturas, que originan pérdidas de producción, baja calidad y aumento de la carga de trabajo de los operarios”.

2.4.20 Eficiencia

Es un indicador que se maneja en la planta textil, el cual, hace referencia a las tramas insertadas en el telar en un turno de producción con respecto a las tramas instaladas en el telar. La formulación del indicador es la siguiente:

$$Eficiencia = \frac{tramas\ insertadas}{tramas\ instaladas} = \frac{tramas\ insertadas_{turno}}{RPM_{telar} * min_{turno}}$$

2.4.21 RPM Telar

Velocidad del telar, equivale a la cantidad de pasadas insertadas a través de la calada en un minuto. (Lockuán, La industria textil y su control de calidad IV Tejeduría, pág. 62).

2.4.22 Índice de roturas (Urdido/Engomado)

Este indicador hace referencia a las roturas por un millón de metros procesados, en la urdimbre durante los procesos de urdido y engomado.

2.4.23 Pre secado de los hilos

Según (Martínez, pág. 25) “En esta etapa, la película de goma comienza a formarse y se enfría, es importante el control de la temperatura de acuerdo al tipo de fibra. Se debe de evitar en esta zona, el choque térmico excesivo porque la película se vuelve quebradiza, lo que trae como consecuencia:

- Pérdida de resistencia y elasticidad.
- Película menos elástica y quebradiza.
- Los hilos soportan menos la fuerza mecánica en el telar.
- Aumento de pilling (pelusa en el telar)”.

2.4.24 Presión exprimido tina

Según (Martínez, pág. 28) “Es la tensión que se encuentra entre los cilindros exprimidores y el conjunto de los cilindros pre secadores. Se comienza a formar la película,

si aumenta la tensión, este estiraje ocasiona que la película inicialmente formada, sea menos resistente a la abrasión; teniendo el hilo un menor recubrimiento de goma. Si disminuye la tensión el espesor de la película aumenta incrementándose la resistencia del hilo”.

2.4.25 Tensión del plegador

Permite que el plegador del telar sea uniforme. (Martínez, pág. 29)

2.4.26 Presión rodillo

Esta tensión de apriete es determinante para la densidad del enrollamiento, y por lo tanto, para la dureza del plegador. Esta tensión debe ser mantenida en todo el proceso, con el objetivo de evitar roturas de los hilos y lograr una dureza uniforme de la madeja engomada. (Martínez, pág. 29).

2.4.27 Encolante

Es un producto formado por polímeros que forman una película continua que se aplica en el hilo, una vez urdido y le confiere una serie de propiedades relacionadas con su comportamiento en el telar, protegiéndola de acciones perjudiciales, fundamentalmente roces, roturas, estirajes y tensiones. (Martínez, 2003).

2.4.28 Concentración de la solución

Según (Claver, pág. 25) “Este factor define en parte la viscosidad y el arrastre de goma. La concentración está definida por el porcentaje de materia no volátil. Para entender la formulación se definen los siguientes términos:

- Materia fija:

Todo lo que no se volatilice.

- Materia activa:

Esta define la cantidad de materia fija que sea activa sobre el hilo para el propósito de engomado.

- Material volátil.

Es toda la materia que se evapora por acción del calor.

La concentración de la solución se expresa en porcentaje de sólidos y su medición se hace normalmente por medio de un instrumento utilizado en la industria de jarabes llamado sacarímetro. Se basa en medir, a una concentración determinada, el índice de refracción y traducirlo a una escala de porcentaje de sólidos”.

La ecuación de medición de este porcentaje es:

$$\% \text{ Sólidos} = \frac{\text{Materia Fija}}{\text{Volumen Final}} * 100\%$$

2.5 Proceso productivo

La manufactura de una toalla presenta ciertas transformaciones ya que se comienza con la recepción del algodón hasta la confección de las mismas como se muestra en Figura 2 Proceso productivo de C.A. Telares de Palo Grande.

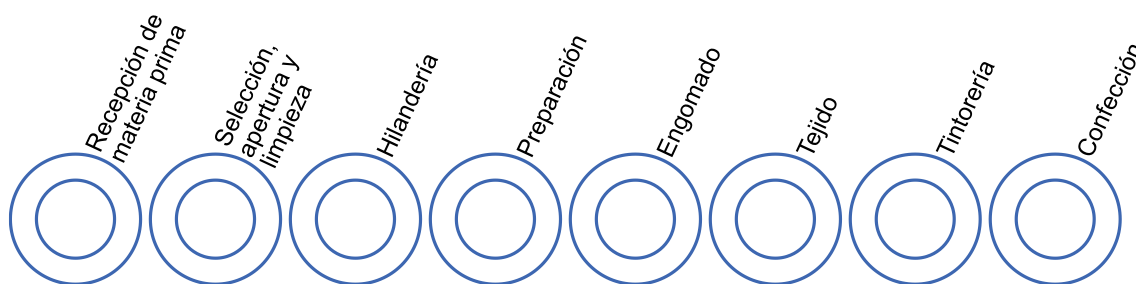


Figura 2 Proceso productivo de C.A. Telares de Palo Grande
Fuente: propia

2.5.1 Recepción de materia prima.

Las pacas de algodón son recibidas de los diferentes proveedores de algodón y alojadas en el almacén de materia prima.

2.5.2 Selección, apertura y limpieza

- Análisis de las fibras de algodón de cada de una de las pacas (finura, resistencia, contenido de azúcar, longitud y grado para la preparación de las mezclas).
- Apertura: ocurre el mezclado de la materia prima.
- Limpieza de las fibras: Una vez que las fibras son succionadas por la abridora, se transportan por ductos aéreo a una cámara de reserva, durante este transporte el

choque de las fibras favorece la eliminación de cascarillas y elementos contaminantes de las fibras.

2.5.3 Hilandería

Es el área en donde se realizan el conjunto de operaciones mecánicas necesarias para transformar las fibras que se encuentran desordenadas, enmarañadas y llenas de impurezas en hilos. Esta operación se realiza en las máquinas Autocoro, las cuales transforman la cinta producida por los manuales en un hilo con características propias.

2.5.4 Preparación

Las actividades de esta etapa son:

- Distribución de conos de hilo según su título, en el cual se encuentran hilos de título 16 (fabricación de felpa), 20 (fabricación del fondo), 12 (trama de las toallas).
- Fabricación de anteplegadores: los conos de hilo título 16 provenientes del proceso de hilandería se montan directamente en las filetas de la urdidora, que reúnen los hilos en el anteplegador.
- De la urdidora salen 4 anteplegadores de felpa.
- Fabricación de hilos para cenefa: El hilo para cenefa (16/2) conformado por dos hebras de hilo se obtienen al pasar de hilo de un cabo por las sub-etapas.
- Fabricación de anteplegadores para el fondo de las toallas: el hilo 20/1 sale de la dobladora y pasa a la urdidora donde salen 4 anteplegadores de fondo, cada uno de 13500 metros en dos cargas (una de 457 conos de hilo, de donde salen dos anteplegadores; otra de 456 conos de hilo de donde salen los otros dos).

2.5.5 Engomado

Las actividades de esta etapa son:

- Elaboración de plegadores: a partir de 4 anteplegadores de fondo y felpa que provienen de la etapa de preparación se montan en la máquina para elaborar los plegadores.
- Baño de encolantes: todos los hilos de los 4 ante plegadores pasan simultáneamente de un baño de encolantes, cuya mezcla es de insumo del proceso, preparada con goma controlando el porcentaje del sólido.

2.5.6 Tejido

Las actividades que se llevan a cabo en esta etapa son:

- Montaje del fondo y felpa: los plegadores se montan por pareja (dos de fondo y dos de felpa), de allí salen las bajadas conformadas por un número variable de rollos de toallas de distintas referencias.
- Entrelazado: Los hilos de urdimbre se entrelazan con los de trama hasta formar tejido.
- Control de calidad: Se revisan todos los defectos que poseen las toallas del rollo al igual que se realizan mediciones con respecto al largo, ancho y altura de rizo de una toalla del rollo.

2.5.7 Tintorería

De acuerdo a la planificación que se suministra sobre la producción que se desea realizar, se arma el plan de trabajo en SISAP considerando los rollos que cumplan con ciertas características como longitud y peso y de esta manera satisfacer los requerimientos de las maquinarias: ECO MASTER y/o ECO PLUS. Las actividades que se realizan en esta etapa son:

- Pre blanqueo: consiste en un conjunto de operaciones mecánicas, físicas y químicas, necesaria para eliminar de las fibras textiles las impurezas aparecidas durante el proceso en etapas previas o de forma natural.
- Blanqueo, descrudado y limpieza: Eliminación de las materias extrañas mediante agentes y acciones mecánicas, y las que se refieren a la decoloración o blanqueo propiamente.
- Teñido: Se agrega tintura el cual es mezcla de colorante orgánico en polvo con un dispersante para hacer que tenga mayor movimiento en la solución y luego el sulfato de sodio.
- Suavizado: se agrega álcali progresivamente para aumentar el PH. Adicionalmente se agregan enzimas celulares que le otorgan aspecto más liso y uniforme al rizo de la toalla.
- Secado: las toallas se incorporan dentro de una cámara de recirculación de aire caliente y luego se exponen a temperatura ambiente.

- f. Control de calidad: Se realizan las pruebas de ciclos de lavado, pruebas de tacto y fijación del colorante.

2.5.8 Confección

En esta área se realiza el corte, cosido de bordes y etiquetas la cual puede ser realizado en el área manual o en el área automatizada ya que se tiene una máquina denominada Texpa que combina dichas actividades. Seguidamente se hace la clasificación de las toallas según su calidad por parte del personal, para luego ser empaquetadas en bultos plásticos y cajas de cartón.

2.6 Clasificación en grados de calidad

Tabla 3 Tolerancia de defectos
Fuente: C.A Telares de Palo Grande

Grado	Tolerancia de defectos
Primera calidad	No admite defectos mayores ni críticos. Admite solo algunos defectos leves.
Segunda calidad	No admite defectos mayores ni críticos. Admite defectos leves, tal que no demerite en forma apreciable la apariencia de la toalla.
Tercera calidad	Comprende toallas con defectos críticos o con defectos mayores

2.7 Concepto de calidad

“Calidad significa idoneidad para el uso” (Montgomery, pág. 667). En otras palabras, todos los consumidores esperan que los productos y servicios que compran, cumplan sus requerimientos y eso se determina a través de la interacción entre la calidad de diseño (niveles de desempeño, confiabilidad, servicio y función) y la calidad de conformidad (reducción de la variabilidad y eliminación de defectos sistemáticos).

2.8 Influencia de la humedad en los procesos textiles

Según (Lockuán, La industria textil y su control de calidad I. Preliminares , 2012). La humedad del ambiente influye en los procesos textiles de la siguiente manera:

- El aire seco ocasiona que los materiales tengan baja absorción de humedad, afectando la calidad y productividad.

- Ocurre la formación de cargas electrostáticas. Los procesos de fricción son inevitables en cilindros, ojales, guía hilos y muchas otras piezas de máquina, provocando con una humedad atmosférica relativamente baja – también en fibras convencionales como lana, lino, yute, algodón y seda natural – fenómenos de descarga que perjudican la producción.
- Los materiales que tienen un correcto nivel de humedad tienen menos probabilidad de quebrarse, calentarse y producir fricción. Se manejan mejor, tienen menos imperfecciones, son más uniformes y se sienten mejor al tacto.
- El peso de los materiales es estandarizado a 65% de H.R. y 21° C. La falta de estas condiciones causa que los materiales pierdan peso y con ello se disminuyen las ganancias.
- El material textil higroscópico reacciona con sensibilidad a las oscilaciones de la humedad: se estira cuando aumenta la humedad y se acorta al disminuir ésta. Una excepción al respecto son algunas fibras sintéticas.
- En condiciones de baja humedad en el aire, aumenta el polvo y la pelusa en el ambiente, generando un ambiente incómodo de trabajo.

3 CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente apartado se describe la metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo a fin de lograr el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente.

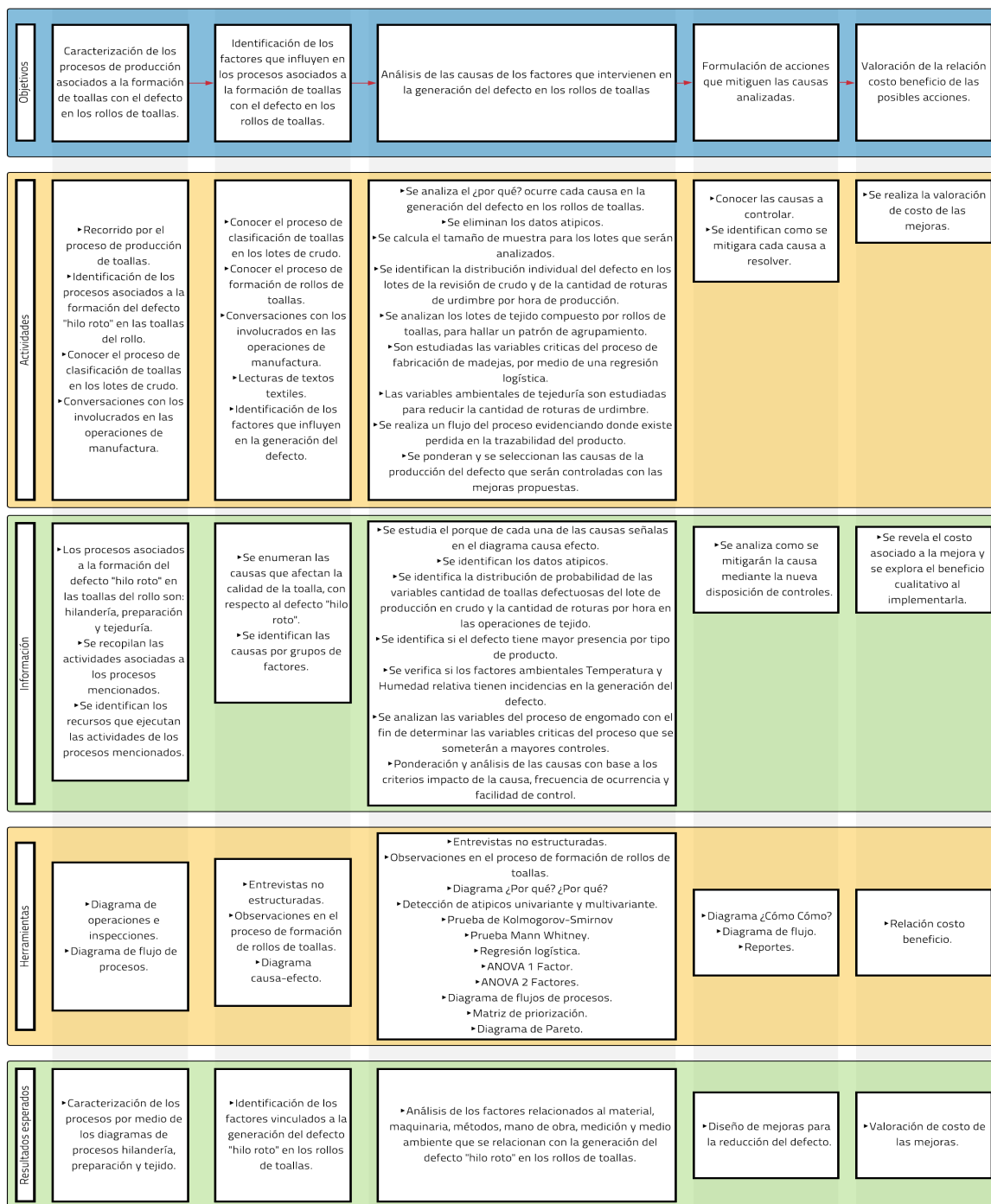


Figura 3 Esquema metodológico.
Fuente: propia.

El Esquema Metodológico planteado en la **Figura 3 Esquema metodológico.**, muestra el índice del desarrollo de los objetivos del trabajo de grado, para cada objetivo se especifican las actividades realizadas, la información que se extrae tras ejecutar la actividad, las herramientas a utilizar y los resultados esperados tras la ejecución de las actividades.

3.1 Tipo de estudio

La estrategia para responder a las problemáticas presentes se puede considerar de campo, la cual según Arias (2006) “Consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos” (p.31). La información obtenida es directamente de la realidad y el investigador puede ser capaz de corroborar la veracidad de los datos produciendo un mayor nivel de confianza. Es importante resaltar que el inquisidor no altera ni manipula la información obtenida.

Se afirma este tipo de diseño ya que a lo largo del desarrollo del trabajo se utiliza el uso de entrevistas y una serie de observaciones para poder obtener los datos necesarios para esclarecer y complementar lo recolectado para permitir generar entendimiento y soluciones en el proceso.

Por otra parte, también se considera un proyecto factible debido a que después de describir el proceso en un determinado campo, se busca la solución del problema encontrado. Según el manual de investigación de la UPEL (2006) “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”. (p.13).

3.2 Población y muestra

En el presente trabajo de grado, se establece como objetivo el estudio de los procesos de fabricación de rollos de toallas de la empresa textil C.A Telares De Palo Grande, sometiendo estos procesos a observaciones y mediciones acerca de las características respectivas de ese universo. En este caso la población a estudiar corresponde a los lotes de toallas producidos para conocer el comportamiento del defecto “hilo roto”. Al realizar el análisis de los productos con mayor frecuencia en la generación del defecto la población a estudiar (lotes de producción de toallas en tejeduría), se fundamentó en el muestreo aleatorio simple por ser equiprobables todas las muestras de n elementos. Para este tipo de muestreo

se tiene que Arias (2006) sostiene que el “procedimiento en el cual todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser seleccionados. Dicha probabilidad, conocida previamente, es distinta de cero (0) y de uno (1)” (p.83). Dicha muestra corresponde a una base histórica del periodo de tiempo agosto del año 2017 a diciembre 2018 correspondiente a lotes de toallas, que componen específicamente a los siguientes productos **Ver Tabla 2: Referencias a estudiar.**

En el caso de los datos asociados a la formación de las madejas y condiciones ambientales de tejeduría el tipo de muestreo es no probabilístico. Para el caso de las variables de producción de engomado el muestreo no probabilístico considerado fue casual según Arias (2006) “Es un procedimiento que permite elegir arbitrariamente los elementos sin un juicio o criterio preestablecido” (p.85), la razón por la que se realizó esta toma de datos se debe a que se recolectaron todos los datos existentes asociados a la producción de la madeja en el periodo de tiempo agosto del año 2017 a diciembre 2018.

En el caso de los datos asociados a las condiciones ambientales en la tejeduría (Temperatura y Porcentaje de humedad relativa), el muestreo de no probabilístico considerado como intencional según Arias (2006) “Los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador” (p.85), los criterios asociados a la selección de la muestra indican que los telares seleccionados trabajaron 16 horas continuas de producción en el horario 06:00 – 22:00, el periodo de estudio va desde febrero del 2019 a junio 2019.

3.3 Recolección de los datos

La recolección de los datos y evidencias de las problemáticas que se tienen en la empresa textil, se hace relevante recaudar toda la información necesaria, para lo que se realizaron entrevistas no estructuradas, observaciones y mediciones en los procesos asociados a la formación de rollos de toallas.

3.3.1 Entrevistas no estructuradas

Sabino (1992) sostiene que “Una entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en que existe un margen más grande de libertad para formular las preguntas y respuestas.” (p.124. Estas son entrevistas que no son guiadas por cuestionario, sino que surgen con cierto grado de espontaneidad.

Esta técnica se aplicó al personal de hilandería, preparación y tejeduría, la gerente de producción y al jefe de planta textil, personal que conocen ampliamente los departamentos sujetos a estudio. Se puede decir que este tipo de entrevista posee la ventaja de permitir un diálogo más espontáneo con preguntas abiertas y que permite profundizar en los temas de interés con el objetivo de obtener la información necesaria.

3.3.2 Observaciones

De acuerdo a Sabino (1992) “La observación puede definirse como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación.” (p.117). La ventaja de esta técnica radica en los hechos que son percibidos directamente por la persona que está realizando la investigación, sin ninguna clase de intermediario. De esta forma cualquier tipo de subjetividad queda eliminada de los datos que son recogidos, ya que no se presentan distorsiones las cuales suelen presentarse a la hora de realizar una entrevista. Dicha técnica se emplea para conocer el desarrollo de los procesos en los departamentos indicados vinculados a la fabricación de los rollos de toallas.

3.3.3 Variables recolectadas

En la **Figura 4** Variables sometidas a análisis, se muestran las variables a las cuales se le realizarán análisis, para la búsqueda de los factores que afectan a la problemática descrita.

Revisión de lotes de crudo: El proceso de recolección de datos para los lotes de producción de toallas en la tejeduría sometidos a estudio, se basa en el proceso de revisión de lotes de crudo. En dicho proceso el inspector de calidad revisa todas las toallas existentes en los rollos que conforman un lote de producción de tejido, en donde el inspector de calidad de manera visual aprecia los desperfectos que tiene la toalla y son ingresados al sistema de información, el criterio de la revisión consiste en “castigar” la toalla con el defecto más predominante, por lo tanto, el defecto se mide por toalla defectuosa, si una toalla revisada en su área posee el defecto tratado en este trabajo, la pieza se clasifica como una toalla con “hilo roto”, sin importar la cantidad de defectos que contenga, solo se miden toallas defectuosas.

ID	Máquina o Dpto	Variables	Unidad de medida	Apreciación	Obtención de resultados
1	WP1	Roturas por millón de metros en el proceso de engomado.	[Roturas/m]		Planillas del proceso
2	WP1	Roturas por millón de metros en el proceso de urdido.	[Roturas/m]		Planillas del proceso
3	WP1	Tensión del plegador.	[AMP]	1 AMP	Panel de monitoreo de la máquina
4	WP1	Presión rodillo.	[psi]	1 psi	Panel de monitoreo de la máquina
5	WP1	Presión del exprimido de la tina.	[psi]	5 psi	Panel de monitoreo de la máquina
6	WP1	Temperatura de la tina durante el engomado.	[°C]	1 °C	Termometro
7	WP1	Presión de la línea principal.	[psi]	5 psi	Panel de monitoreo de la máquina
8	WP1	Temperatura del cilindro secador 1	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
9	WP1	Temperatura del cilindro secador 2	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
10	WP1	Temperatura del cilindro secador 3	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
11	WP1	Temperatura del cilindro secador 4	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
12	WP1	Temperatura del cilindro secador 5	[°C]	1 °C	Panel de monitoreo de la máquina
13	WP1	Temperatura del cilindro secador 6	[°C]	1 °C	Panel de monitoreo de la máquina
14	WP1	Temperatura del cilindro secador 7	[°C]	1 °C	Panel de monitoreo de la máquina
15	WP1	Composición de la solución en la tina	[% BRIX]	1%	Refractometro
16	WP2	Tensión del Plegador	[psi]	1 psi	Panel de monitoreo de la máquina
17	WP2	Composición de la solución en la tina	[% BRIX]	1%	Refractometro
18	WP2	Temperatura de Tina	[°C]	1 °C	Termometro
19	WP2	Temperatura cilindro secador 1	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
20	WP2	Temperatura cilindro secador 2	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
21	WP2	Temperatura cilindro secador 3	[°C]	5 °C	Panel de monitoreo de la máquina
22	WP2	Temperatura cilindro secador 4	[°C]	1 °C	Panel de monitoreo de la máquina
23	WP2	Temperatura cilindro secador 5	[°C]	1 °C	Panel de monitoreo de la máquina
24	WP2	Temperatura cilindro secador 6	[°C]	1 °C	Panel de monitoreo de la máquina
25	WP2	Presión Rodillo	[psi]	1 psi	Panel de monitoreo de la máquina
26	WP2	Presión Secador	[psi]	1 psi	Panel de monitoreo de la máquina
27	WP2	Presión Cubeta	[psi]	1 psi	Panel de monitoreo de la máquina
28	CRUDO	Total de defectos en el lote de producción	[Toallas defectuosas]	1 Toalla	Revisión de crudo
29	TEJEDURIA	Humedad relativa	[%]	1%	Sensor de humedad
30	TEJEDURIA	Temperatura	[°C]	1 °C	Sensor de temperatura
31	TEJEDURIA	Revoluciones por minutos a las que trabaja el telar	[rpm]		Variable categorica del telar

Figura 4 Variables sometidas a análisis

Fuente: propia

Formación de Madejas: Para la captura de datos en el proceso de formación de madejas los datos son recolectados como se especifica en la **Figura 4 Variables sometidas a análisis**, para ambas máquinas (WP1, WP2); la gran mayoría de los datos se recogen directamente de observaciones en el panel visual las máquinas, mientras que la variable temperatura de tina para ambas máquinas su medición se realiza con un termómetro de alcohol analógico y un refractómetro es utilizado para realizar mediciones sobre la composición de la solución.

Para finalizar, las mediciones de las variables ambientales en la tejeduría se realizan mediante sensores colocados en el área de trabajo.

3.4 Técnicas y herramientas

Para realizar el análisis de los datos fue necesario iniciar con un diagrama de operaciones e inspecciones, para entender el proceso de formación de rollos de toallas relacionando los departamentos involucrados, reconociendo las relaciones entre las diferentes áreas del proceso de formación de rollos de toallas, estos fueron categorizados en diagramas de flujo de procesos con el fin de conocer a fondo la naturaleza de los diferentes

procesos de producción y los materiales resultantes de cada una de las etapas, posteriormente se expusieron los factores que influyen en la problemática, exponiendo las causas que generan el defecto en un diagrama causa efecto, el diagnóstico cualitativo finaliza con la exposición de el por qué ocurre cada falla señalada en el diagrama causa efecto, de los procesos categorizados.

Posteriormente, se realizaron análisis para corroborar la información obtenida desarrollada en las herramientas anteriores, estos denotan el muestreo aleatorio aplicado, para estimar si el defecto tiene igual presencia por grupo de producto (Clasificación según su densidad de tejido alta o baja), la ejecución de pruebas de bondad Kolmogorov-Smirnov para reconocer si los datos se ajustan a la función de densidad normal para aplicar el diseño de experimentos ANOVA, o si aplica la realización de una prueba no paramétrica. Por otra parte, se analiza el proceso de fabricación de madejas para contrarrestar las roturas de urdimbre en las operaciones de tejeduría, mediante el uso del análisis de regresión logística relacionando las variables explicativas del proceso de engomado, con los resultados de la tejeduría y para potenciar dicho análisis se verifica si las variables ambientales tienen un efecto negativo en el material, ocasionando roturas en el mismo.

Para finalizar con las causas identificadas y analizadas son ponderadas en una matriz de priorización con base a los resultados expuestos a lo largo del desarrollo del Capítulo IV y jerarquizadas para tomar decisiones sobre los aspectos a mejorar para la reducción del defecto.

El investigador utiliza distintas técnicas que son un apoyo fundamental para identificar, explicar y diseñar acciones que minimicen todos aquellos factores causantes de las problemáticas. Las herramientas utilizadas son:

3.4.1 Diagrama de proceso

Niebel (2008) “Muestra la secuencia de todas las operaciones, inspecciones que se usa en un proceso de manufactura” (p.24). Esta herramienta permite graficar el proceso de los departamentos relacionados con la calidad de los rollos de toallas correspondiente a: hilandería, preparación y tejeduría, además de representar el control de procesos que hacen actualmente en dichas áreas, por medio de símbolos y formas, identificando el responsable del trabajo que se está describiendo. Desarrollar dicho instrumento permite definir las áreas

críticas del proceso. Para desarrollar el diagrama se utilizó el programa Bizagi, considerado una herramienta novedosa basada en el modelado de procesos, recomendable para describir procesos con actividades secuenciales, sin importar el grado de estandarización.

3.4.2 Diagrama causa y efecto

Según (Niebel, pág. 24) “el método consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir, el efecto, como la cabeza de pescado y después identificar los factores que contribuyen, es decir, las causas, como el esqueleto de pescado que sale del hueso”. Es una herramienta que permite esclarecer los factores que influyen en el problema identificado. En esta oportunidad se desarrolla el diagrama Ishikawa en la herramienta Lucidchart, el cual permite elaborarlo a través de plantillas que tiene el programa de forma más eficiente.

3.4.3 Matriz de priorización “Método del conceso de criterio”

Según Camisón (2006) “Las Matrices de priorización son herramientas que sirven para priorizar actividades, temas, características de productos o servicios, etc. a partir de criterios de ponderación conocidos. Se utilizan para la toma de decisiones.” (p.1270). Es una herramienta que permite ponderar las causas que influyen en el problema con base a una serie de criterios y facilita la toma de decisiones para la detección de los aspectos a mejorar.

Los criterios para la ponderación de causas en la matriz es el siguiente:

Calificación [C]: Número natural que varía entre 0 y 10 que indica la calificación que se le da al criterio la leyenda que aplica es 0 si no guarda relación con el criterio y 10 si la relación con el criterio es máxima.

Peso [P]: Peso asignado a los criterios de evaluación, para la evaluación se asignaron los siguientes pesos a los criterios:

- Impacto = 2 (Puntuación de 0 a 10, escala: 0 impacto nulo, 10 impacto sobresaliente).
- Frecuencia = 1,2 (Puntuación de 0 a 10, escala: 0 frecuencia nula, 10 frecuencia continua).
- Facilidad de control = 0,8 (Puntuación de 0 a 10, escala: 0 fácil de controlar, 10 complejo de controlar).

Esta matriz se desarrolla en la herramienta Microsoft Excel, la cual permite realizar de manera eficiente los cálculos sencillos de ponderación.

3.4.4 Diagrama de Pareto

Camisón (2006), plantea que “El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. En definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80% de los problemas son originados por un 20% de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales.” (p.1234). Con el uso de la matriz de priorización, se obtienen las frecuencias y las causas relacionadas al problema sometido a estudio, haciendo uso de este diagrama es posible determinar las causas con mayor incidencia en el problema a resolver. Este diagrama se desarrolla en la herramienta Microsoft Excel, la cual de manera sencilla permite realizar gráficos.

3.4.5 Diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué?

Summers (2006) sostiene que es una excelente técnica para encontrar la(s) causa(s) raíz de un problema. Organizan la forma de pensar de un grupo de resolución de problemas e ilustran una cadena de síntomas que conducen a la verdadera causa de un problema.

Esta herramienta conduce a la ilustración de una cadena de síntomas que permiten conocer las causas más probables del problema, fundamentándose en los factores identificados en el diagrama causa y efecto, debido a que se pregunta ¿Por qué? en repetidas ocasiones para demostrar las causas raíces. Para mostrar el diagrama se utilizó el programa Bizagi.

3.4.6 Diagrama ¿Cómo? ¿Cómo?

Es una herramienta basada en un proceso creativo en el cual se establece cómo mitigar las causas. Dicha técnica se puede considerar como un complemento de la herramienta “¿Por qué? ¿Por qué?”, dado que se combina con ésta para poder encontrar la solución a las causas previamente identificadas. El mismo permite visualizar las posibles

soluciones a cada una de las causas ya conocidas, preguntando ¿Cómo? desarrollando una tormenta de ideas para encontrar respuestas idóneas y seleccionar la más conveniente.

3.5 Herramientas Estadísticas

3.5.1 Atípicos.

Se declara un dato atípico cuando para una variable, su valor se considera excepcional (muy bajo o muy alto) con relación al resto de los valores. En la detección de datos atípicos para una variable, solo intervienen los valores que toma dicha variable, independientemente de los valores de las otras. Es por eso que a menudo este tipo de detección se denomina detección univariante. En la detección de individuos atípicos, se usan conjuntamente todas las variables y es por ello que este tipo de detección se conoce como multivariante. En tal sentido, el objetivo de esta unidad es utilizar esta herramienta como análisis estadístico ya que permite detectar la presencia de datos y casos distintos.

3.5.2 Casos Atípicos: Distancia de Mahalanobis

Hair (2007) “Expone que este método evalúa la posición de cada observación comparada con el centro de todas las observaciones de un conjunto de variables” (p.58). Para ejecutar este método fue importante considerar la ecuación y la utilización del programa estadístico SPSS, el cual que permitió calcular la distancia de cada uno de los datos con respecto al centro de las observaciones, identificado como MAH. Si $MAH > U$, de esta forma se demuestra la presencia de un dato atípico.

$$U = \frac{(n-1)^2}{n} * Beta\left(\frac{p}{2}; \frac{n-p-1}{2}; 1-\alpha\right)$$

Donde:

p: cantidad de variables

n: tamaño de la muestra

α : el nivel de significación de la prueba, igual a 0.05

Una vez que se han identificado los casos atípicos, el investigador debe decidir si mantenerlos o destruirlos. Hair (2007) expone que “Deberían mantenerse a menos que exista una prueba demostrable de que son verdaderas aberraciones y no son representativos de las

observaciones de la población. Pero si representan a un segmento de la población, deberían retenerse para asegurar su generalidad al conjunto de la población. Si se eliminan los casos atípicos, el investigador corre el riesgo de mejorar el análisis, pero limitar su generalidad” (p.59).

3.5.3 Regresión Logística Binaria

Esta herramienta se utilizó en este trabajo de grado para la determinación de las variables críticas en el proceso de engomado y centrar la fijación de nuevos parámetros para la producción de madejas de felpa bajo el título de hilo 16-1. Este análisis permitió realizar predicciones sobre el comportamiento de la madeja antes de consumirla en el telar y administrar el material con base a un criterio estadístico.

Hosmer (2013) sostiene que, en un problema de regresión, la cantidad clave es el valor medio de la variable resultado, dado el valor de la variable independiente. Esta cantidad se denomina media condicional y se expresa como “ $E(Y|x)$ ”, donde “ Y ” denota la variable resultado y “ x ” denota un valor específico de la variable independiente. El valor $E(Y|x)$ se lee “valor esperado de Y , dado el valor de x ”.

En un modelo de regresión lineal, se supone que el valor esperado $E(Y|x)$ se puede expresar como una ecuación lineal en función de la variable x (o alguna transformación de x o Y), como es el caso:

$$E(Y|x) = \beta_0 + \sum \beta_i * x_i$$

Esta expresión implica que es posible que $E(Y|x)$ obtenga valores en el rango de $-\infty$ y $+\infty$ debido a que poseen el dominio es el mismo.

Con una variable de resultado dicotómica, la media condicional debe ser mayor o igual a cero y menor o igual a uno (es decir, $0 \leq E(Y|x) \leq 1$). El cambio en el cambio $E(Y|x)$ por unidad en x se vuelve progresivamente más pequeño a medida que la media condicional se acerca a cero o uno. Se dice que la curva tiene forma de **S** y se asemeja a una gráfica de la distribución acumulativa de una variable aleatoria continua. El modelo utilizado se basó en la distribución logística.

Para simplificar la notación, se utiliza la expresión $\pi(\mathbf{x}) = E(Y | \mathbf{x})$ para representar la media condicional de Y dada $\mathbf{x}$ cuando se usa la distribución logística. La forma específica del modelo de regresión logística que se utiliza es:

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \sum \beta_i x_i}}{1 + (e^{\beta_0 + \sum \beta_i x_i})}$$

Para efectos de este trabajo de grado se utilizó la herramienta de cálculo estadístico SPSS, la cual cuenta, con un módulo de regresión logística programado para ~~la~~ determinar los coeficientes de regresión asociados a los datos de estudio.

3.5.4 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Se utilizó esta prueba de hipótesis para comprobar si la función de distribución de probabilidades de los datos relacionados a la revisión de lotes de crudo y las roturas de urdimbre se ajusta al modelo normal.

Según (Febrero Bande, Galeano San Miguel, González Díaz, & Pateiro López, 2007) “Este contraste compara la función de distribución teórica con la empírica y solo es válido para variables continuas. El test se plantea los siguientes:

$$H_0 : X \in F_0.$$

$$H_1 : X \notin F_0.$$

Suponemos que tenemos una muestra $X = (x_1, \dots, x_n)$ aleatoria simple que proviene de un modelo continuo $F(x)$. El contraste se realiza como sigue:

1. Ordenar los valores muestrales en orden creciente: $x(1) \leq x(2) \leq \dots \leq x(n)$.
2. Calcular la función de distribución empírica de la muestra $F_n(x)$, con:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < x_{(1)} \\ \frac{r}{n} & \text{si } x_{(r)} \leq x \leq x_{r+1} \\ 1 & \text{si } x \geq x_{(n)} \end{cases}$$

3. Calcular la discrepancia máxima entre las funciones de distribución observada (o empírica) y teórica con el estadístico:

$$D_n = \max. |F_n(x) - F(x)|,$$

Cuya distribución, bajo H_0 se ha tabulado en el **Anexo D Percentiles Kolmogorov – Smirnov**. Si la distancia calculada D_n es mayor que la encontrada en las tablas fijado α , ($D(\alpha, n)$), rechazaremos el modelo $F(x)$ ”p.(98).

3.5.5 Prueba de Mann Whitney

Es una prueba paramétrica para realizar contrastes de hipótesis relacionados con la combinación lineal de las medianas de dos poblaciones independientes.

Para aplicarla, se etiqueta con el subíndice 1 a todo lo relacionado con la población que corresponde al tamaño de muestra más pequeño, y con el subíndice 2 a lo relacionado con la población que corresponde al mayor tamaño de muestra. En caso de que los tamaños de muestra fuesen iguales, es indistinto colocar los subíndices a cualquiera de las poblaciones. Para obtener el estadístico de la prueba y la región crítica asociada con las pruebas unilaterales y bilaterales se deben de seguir los siguientes pasos.

1. Definir las transformaciones:

$$x_1' = a_1 x_1 - \mu_0$$

$$x_2' = -a_2 x_2$$

2. Calcular de manera conjunta los rangos asociados con x_1' x_2' .
3. Sean los estadísticos:

W_1 : suma de los rangos correspondientes a la muestra 1

W_2 : suma de los rangos correspondientes a la muestra 2

Observación: Por la propiedad de la suma de los primeros números naturales, se tiene que:

$$W_1 + W_2 = \frac{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 + 1)}{2}$$

H_1	REGIÓN CRÍTICA	
	$n_2 \leq 20$	$n_2 > 20$ y $n_1 \geq 8$
$a_1 \tilde{\mu}_1 + a_2 \tilde{\mu}_2 < \tilde{\mu}_0$	$U_1 = W_1 - \frac{n_1(n_1+1)}{2} \leq U_0$	$Z = \frac{U_1 - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \leq Z_\alpha$
$a_1 \tilde{\mu}_1 + a_2 \tilde{\mu}_2 > \tilde{\mu}_0$	$U_2 = W_2 - \frac{n_2(n_2+1)}{2} \leq U_0$	$Z = \frac{U_2 - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \geq Z_{1-\alpha}$
$a_1 \tilde{\mu}_1 + a_2 \tilde{\mu}_2 \neq \tilde{\mu}_0$	$U = \min\{U_1, U_2\} \leq U_0$	$Z = \frac{ U - \frac{n_1 n_2}{2} }{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \geq Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$

Figura 5 Cálculo de región crítica Prueba de Mann Whitney

Fuente: (Fernandez, 2017)

Esta prueba es utilizada para determinar si el defecto “hilo roto” se presenta con mayor frecuencia en los grupos de productos (Alta y baja densidad de tejido).

3.5.6 Diseño de experimentos

- ANOVA 1 Factor

Según Walpole (2012), de k poblaciones se seleccionan muestras aleatorias de tamaño n . Las k poblaciones diferentes se clasifican con base en un criterio único, como tratamientos o grupos distintos. En la actualidad el término tratamiento se utiliza por lo general para designar las diversas clasificaciones. Se desean obtener métodos adecuados para probar las hipótesis

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 = \text{Al menos dos de las medias no son iguales}$$

El método del valor p, sugiere que la evidencia a favor o en contra de H_0 es:

$$P_{\text{valor}} = P\{f[k-1; k(n-1)] > f\}$$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	SCT	$k - 1$	$s_1^2 = \frac{SCT}{k - 1}$	$\frac{s_1^2}{s^2}$
Error	SCE	$k(n - 1)$	$s^2 = \frac{SCE}{k(n - 1)}$	
Total	STC	$kn - 1$		

Figura 6 Análisis de varianza para el ANOVA de un solo factor

Fuente: (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012).

- ANOVA 2 Factores

Se realiza el análisis de dos factores ANOVA 2 Factores, para determinar si las variables temperatura y humedad relativa tienen influencia en las roturas de urdimbre, puesto que las roturas es la fuente de generación del defecto, determinando el rango de trabajo de las condiciones que minimicen las roturas, se reducirán las toallas con el defecto “hilo roto”.

Gutiérrez & De la Vara (2008), proponen considerar los factores A y B con a y b ($a, b \geq 2$) niveles de prueba, respectivamente. Con ellos se puede construir el arreglo o diseño factorial $a \times b$, el cual consiste en $a \times b$ tratamientos. Se llama *réplica* a cada corrida completa del arreglo factorial. Los diseños factoriales que involucran menos de cuatro factores por lo regular se corren replicados para tener la potencia necesaria en las pruebas estadísticas sobre los efectos de interés. Si se hacen n réplicas, el número total de corridas experimentales es $n(a \times b)$.

- Modelo estadístico e hipótesis de interés. El modelo estadístico de efectos para este tipo de diseño está dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

Figura 7 Modelo estadístico e hipótesis de interés.

Fuente: (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

Donde μ es la media general, α_i es el efecto debido al i -ésimo nivel del factor A, β_j es el efecto del j -ésimo nivel del factor B, $(\alpha\beta)_{ij}$ representa al efecto de interacción en la combinación ij y ϵ_{ijk} es el error aleatorio que se supone sigue una distribución normal con media cero y varianza constante s^2 ($N(0, s^2)$) y son independientes entre sí. Para que la estimación de los parámetros en este modelo sea única, se introducen las restricciones en el modelo, **Figura 8 Restricciones en el modelo ANOVA 2 factores** son desviaciones relacionadas con la media global.

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \beta_j = 0 \text{ y } \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0.$$

Figura 8 Restricciones en el modelo ANOVA 2 factores
Fuente: (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

Estas hipótesis se prueban mediante la técnica de análisis de varianza, que para un diseño factorial $a \times b$ con n réplicas resulta de descomponer la variación total como, donde los respectivos grados de libertad de cada una de ellas son:

El factor $(n - 1)$ en los grados de libertad de la suma de cuadrados del error (SCE) señala que se necesitan al menos dos réplicas del experimento para calcular este componente y, por ende, para construir una tabla de ANOVA. Recordemos que

las sumas de cuadrados divididas entre sus correspondientes grados de libertad se llaman cuadrados medios (CM). Al dividir éstos entre el cuadrado medio del error (CME) se obtienen estadísticos de prueba con distribución F. Toda esta información se sintetiza es sintetizada en la **Figura 10-ANOVA para el diseño factorial a x b**

Si el **valor-p** es menor al nivel de significancia α prefijado, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el correspondiente efecto está activo o influye en la variable de respuesta.

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_A : \alpha_i \neq 0 \text{ para algún } i$$

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_A : \beta_j \neq 0 \text{ para algún } j$$

$$H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ para todo } ij$$

$$H_A : (\alpha\beta)_{ij} \neq 0 \text{ para algún } ij$$

Figura 9 Hipótesis a probar ANOVA 2 Factores

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F₀</i>	Valor- <i>p</i>
Efecto <i>A</i>	SC_A	$a - 1$	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F > F_0^A)$
Efecto <i>B</i>	SC_B	$b - 1$	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F > F_0^B)$
Efecto <i>AB</i>	SC_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F > F_0^{AB})$
Error	SC_E	$ab(n - 1)$	CM_E		
Total	SC_T	$abn - 1$			

Figura 10 ANOVA para el diseño factorial a x b

Fuente: (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

4 CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se demuestran las diversas herramientas y técnicas que se aplican a los datos recolectados, para identificar y analizar los factores que influyen en las problemáticas expuestas, y de esta manera poder crear una base para generar un diseño de mejoras que permita reducir el defecto "hilo roto" en los rollos de toallas, para lograrlo, en este trabajo de grado se realizaron las siguientes tareas:

- Presentación de las operaciones e inspecciones presentes en la fabricación de rollos de toallas.
- Caracterización de los procesos de producción relacionados con la producción de rollos de toallas.
- Identificación de los factores que influyen en la generación del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas.
- Hallazgo de las causas raíces en un diagrama ¿por qué?, ¿por qué?
- Análisis del comportamiento de los productos con mayor cantidad de unidades defectuosas en tejido y buscar la existencia de un factor de agrupamiento.
- Análisis de las variables relacionadas a la producción de madejas que inciden en el comportamiento de la materia prima en tejido.
- Análisis del comportamiento de las variables ambientales en la tejeduría, con respecto a las roturas generadas en urdimbre
- Diagramar el proceso de flujo de productos e información, para evidenciar la pérdida de trazabilidad en el proceso de formación de rollos de toallas.
- Ponderación de las causas con base a una serie de criterios en una matriz de priorización y visualizar las causas con mayor frecuencia en un diagrama de Pareto.

Conocidas las causas raíces, se procedió a formular una serie de mejoras que permitan mitigarlas y con ello reducir el defecto en los rollos de toallas.

4.1 Vista previa del proceso de formación de rollos de toallas.

Para conocer el proceso de formación de rollos de toallas y exponer las conexiones existentes entre las diferentes etapas del proceso textil se realiza un diagrama de operaciones del proceso, el cual se muestra en la ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~, en ella se aprecia que la fabricación del producto inicia con la recepción de pacas de algodón, que son procesadas en una mezcla en función de su calidad, para la preparación de la mezcla del algodón, se le realiza una limpieza y se desmota, de manera disminuya la densidad del mismo y sea capaz de procesarlo la línea de cardas.

Para la alimentación de las cardas la recepción del algodón es automática, en donde cada máquina de carda, que se encuentre en producción, mediante un sensor integrado realiza un llamado a la mezcladora de algodón, para recibir materia prima y formar una cinta fina y compacta de algodón, que posteriormente será estirada en los manuales y culminando la formación del hilo con en el proceso Open-End.

La mayoría de los conos de hilos pasan directamente al proceso de urdido, sin embargo, otros son transportados para que se le aplique un proceso extra, el proceso de retorcido, en donde 2 conos de hilos se entrelazan entre sí para formar un cono con mayor resistencia, una parte mínima de los conos de hilos producidos en las máquinas Autocoro son trasladados a la tintorería para que sean teñidos.

En el urdido todos los conos de hilos son posicionados en una serie de usos para consolidarlos en parejas de plegadores, para que posteriormente, ese material sea reforzado en una película de goma para aumentar su resistencia, para que en la última etapa el material reforzado por la goma trabaje en el proceso de tejido para formar los rollos de toallas en el telar, esperando que las roturas de urdimbre sean mínimas.

Para finalizar, los lotes de toallas son revisados en el almacén de crudo en donde se pesan y mide el ancho, largo peso y altura de rizo de una toalla, posteriormente se visualizan todas las toallas del lote de producción y se reportan los defectos asociados al lote de toallas producidas para mayor detalle visualizar el **Anexo B Diagrama de operaciones del proceso de formación de rollos de toallas.**

4.2 Caracterización de los procesos de producción.

A continuación, se muestra la representación de los procesos operacionales de las áreas que influyen en la calidad de los rollos de toallas. Dicha herramienta proporciona el entendimiento paso a paso de la formación de la preparación y formación de tejido, para mayor información diríjase al **Anexo C (Documentación de procesos)**.

4.2.1 Diagrama de procesos de hilandería.

El proceso de formación de conos de hilos, inicia con la recepción de pacas de algodón, a estas remesas se le aplica una serie de controles de calidad en el laboratorio de hilandería, para evaluar el grado de calidad que posee la fibra, la razón de esa primera evaluación es para clasificar las pacas de algodón y al momento iniciar con la producción de hilos se establezca una mezcla de algodón tal que esta no afecte el color, textura y resistencia la fibra textil. Una

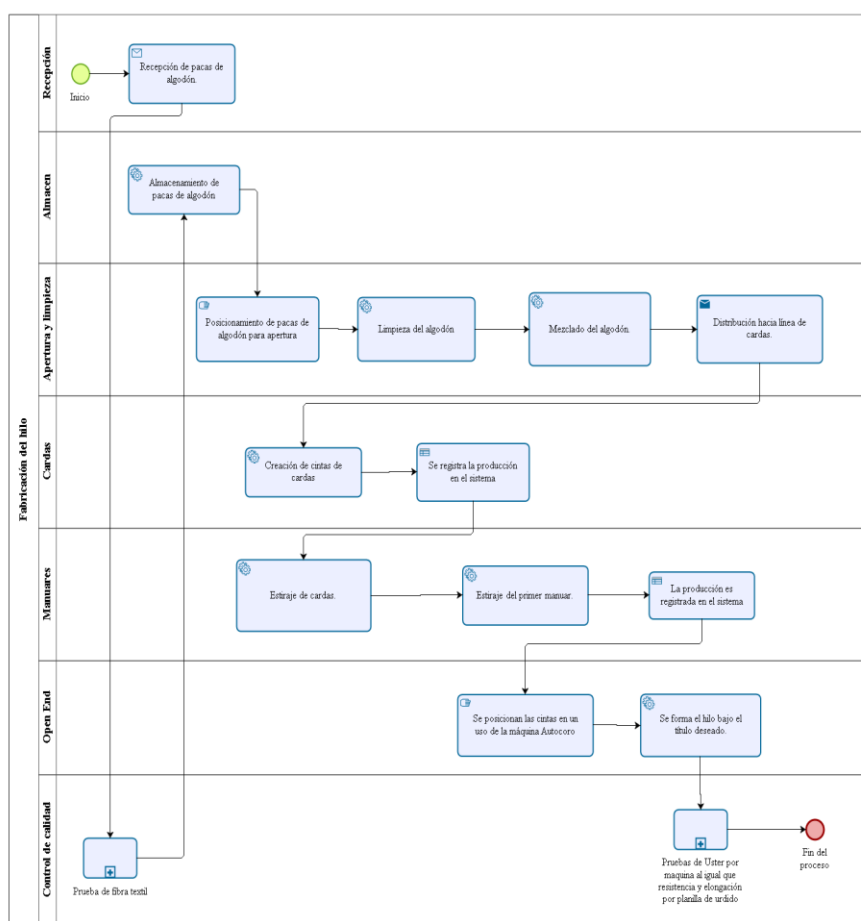


Figura 11 Diagrama de procesos para la fabricación del hilo.

Fuente: propia.

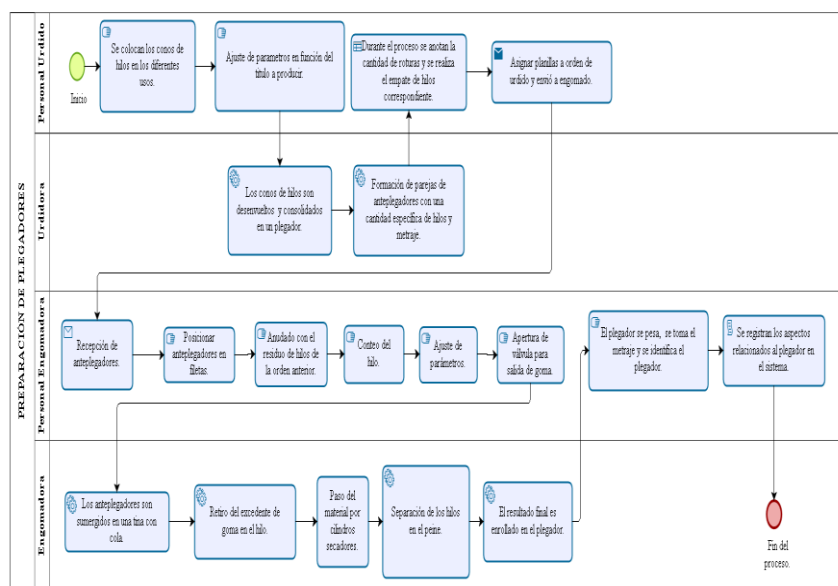
vez seleccionadas las pacas de algodón que serán transformadas en hilo, estas pasan por una primera línea denominada apertura y limpieza, la que cual se encarga de retirar de la materia

prima todas las impurezas asociadas a la cosecha del algodón, en ella se retiran las cascarillas, polvo y otros residuos.

Una vez limpio el algodón este pasa a la formación de cintas de cardas, las cuales no es más que una primera compresión de las fibras generando una primera transformación en el material, posteriormente las cintas de cardas pasan por un proceso de estiraje de fibras en los manuales, en esta etapa del proceso la fibra es estirada en dos etapas, el diámetro de la fibra es reducido y el material se encuentra disponible para la última etapa del proceso el cual es la formación de conos de hilos en donde las cintas pasan por un rotor que le confieren una serie de torsiones al material para lograr comprimirlo e imprimirle una sección transversal circular al cono de hilo terminado. Para mayor detalle ver la **Figura 12 Diagrama de procesos para la fabricación del hilo.**

4.2.2 Diagrama de procesos de preparación.

El proceso de preparación de madejas inicia con la recepción y colocación de conos en las filetas de la urdidora, cada hilo debe de ser pasado por un automático asociado al uso de cada cono de hilo, posteriormente se consolidan los conos de hilos de tal manera que pasen



por el peine de la urdidora y se ajustan los parámetros en la máquina asociados a la construcción de un ante plegador en función del título del hilo. Al iniciar el proceso de urdido, los conos de hilos

Figura 12 Diagrama de procesos para la preparación del material a tejer
Fuente: propia

son desenvueltos y consolidados en el ante plegador los cuales tendrán un peso y metraje específico asociado a las necesidades de producción, durante el proceso el operario se encuentra anotando las roturas que ocurren en la producción del anteplegador, e indicando la causa de la rotura. Una vez construido el ante plegador, las medidas tales como peso y metraje son introducidas en el sistema y transportadas a la etapa de engomado.

El proceso de engomado consiste en aplicar una película de goma sobre el hilo urdido con la finalidad de reforzar la resistencia del hilo, sin embargo, con el aumento de resistencia en el hilo esta trae una baja en cuanto a la elongación del mismo y el balance entre ambas variables es necesario para el trabajo en la tejeduría. Este proceso inicia con la recepción de ante plegadores, que se posicionará en las filetas y que posteriormente serán sumergidos en una tina con goma y otros aditivos especiales para formar la película sobre el hilo, posteriormente en el proceso es necesario secar el material sin que este pierda la humedad deseada (Humedad relativa igual a 8%) en la etapa final del proceso. Una vez finalizado el proceso de engomado la madeja se pesa y se toma el metraje para reportar en el sistema. Para mayor detalle ver la **Figura 13 Diagrama de procesos para la preparación del material a tejer**.

4.2.3 Diagrama de procesos de tejeduría.

En cuanto al proceso de producción de rollos de toallas, este inicia colocando el

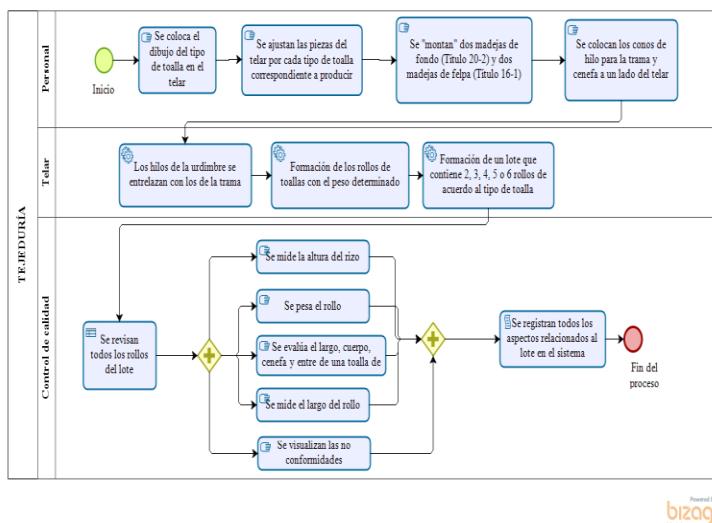


Figura 13 Diagrama de procesos del proceso del área de tejeduría
Fuente: propia

dibujo y ajustando las piezas en el telar con respecto al tipo de toalla que se va a producir, posteriormente se colocan dos parejas de madejas, una pareja corresponde al urdimbre de fondo, con la cual se teje el cuerpo de la toalla y el urdimbre de felpa que es la parte suave y tupida de la toalla cuya función es secar. Para terminar con la

puesta a punto se deben de colocar conos de hilo al lado del telar, estos conos insertaran las tramas y la cenefa para la realización de las toallas. En el telar los hilos de las madejas se entrelazan con los de trama para formar la toalla, a medida que se van insertando tramas se producen rollos de toallas la cantidad de rollos que se producen al mismo tiempo depende de la referencia que se este tejido, puesto que con esta clasificación están asociadas variables como ancho y largo de la misma. Al formar un lote de toallas, en la inspección de calidad se revisan todos los rollos y se anotan las no conformidades, largo, peso y ancho de las toallas, la altura de rizo y todos estos aspectos son registrados en el sistema. Para mayor detalle ver la **Figura 14-Diagrama de procesos del proceso del área de tejeduría**

4.3 Identificación de los factores que influyen en la producción del defecto en los rollos de toallas.

Una vez que se conoce cómo es el proceso productivo de los departamentos mencionados en la empresa, se puede identificar una serie de factores que pueden causar la producción del defecto en los rollos de toallas, por lo tanto, se hace importante realizar un diagrama Ishikawa para determinar los elementos que influyen en el incremento del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas.

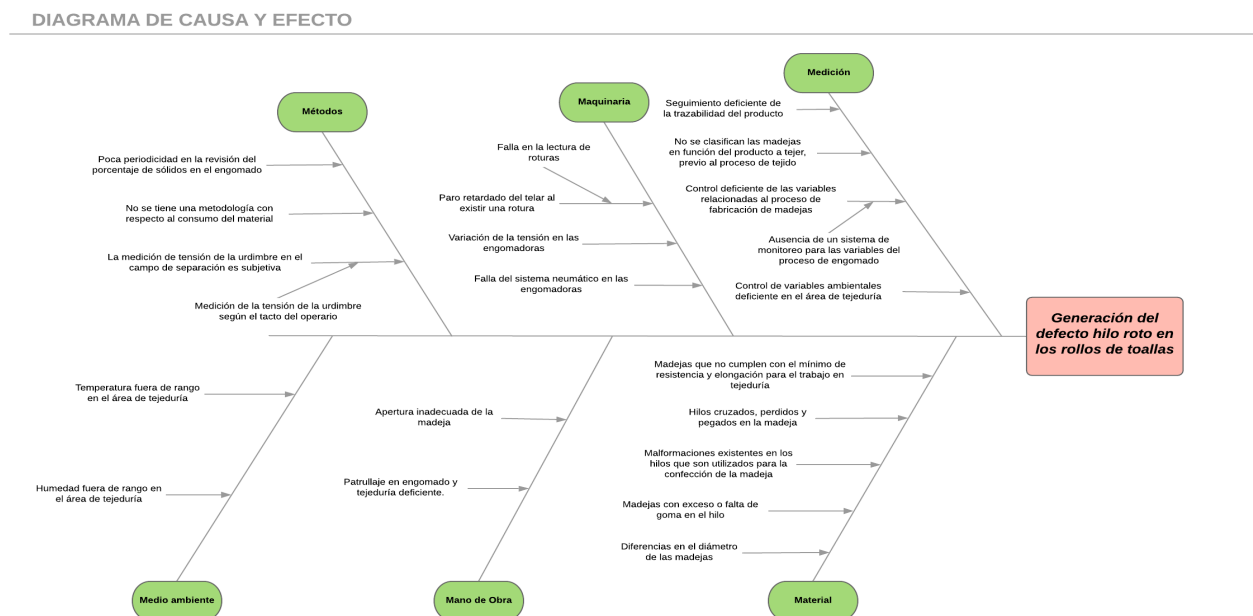


Figura 14: Diagrama causa efecto generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas.
Fuente: propia

En la **Figura 14: Diagrama causa efecto generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas.**, es posible apreciar los factores que influyen en la aparición del defecto "hilo roto", mientras resulta necesario explicar las causas asociadas a los factores descritos anteriormente.

4.4 Análisis de las causas de los factores que intervienen en la aparición del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas.

Para realizar el análisis de los factores que influyen en cada uno de los procesos de producción que intervienen en la reproducción del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas, se utilizan entrevistas no estructuradas, a trabajadores relacionados con los departamentos de producción, para conocer las causas de los factores, además, se utiliza la observación directa para conocer el desarrollo de cada actividad, permitiendo entender aún más el proceso, creando una visión crítica. La herramienta que es oportuna para cumplir con el objetivo es la aplicación de la herramienta ¿Por qué?, ¿Por qué? la cual obliga a buscar el motivo de la causa y conocer su origen hasta su último motivo generando una cadena de causas.

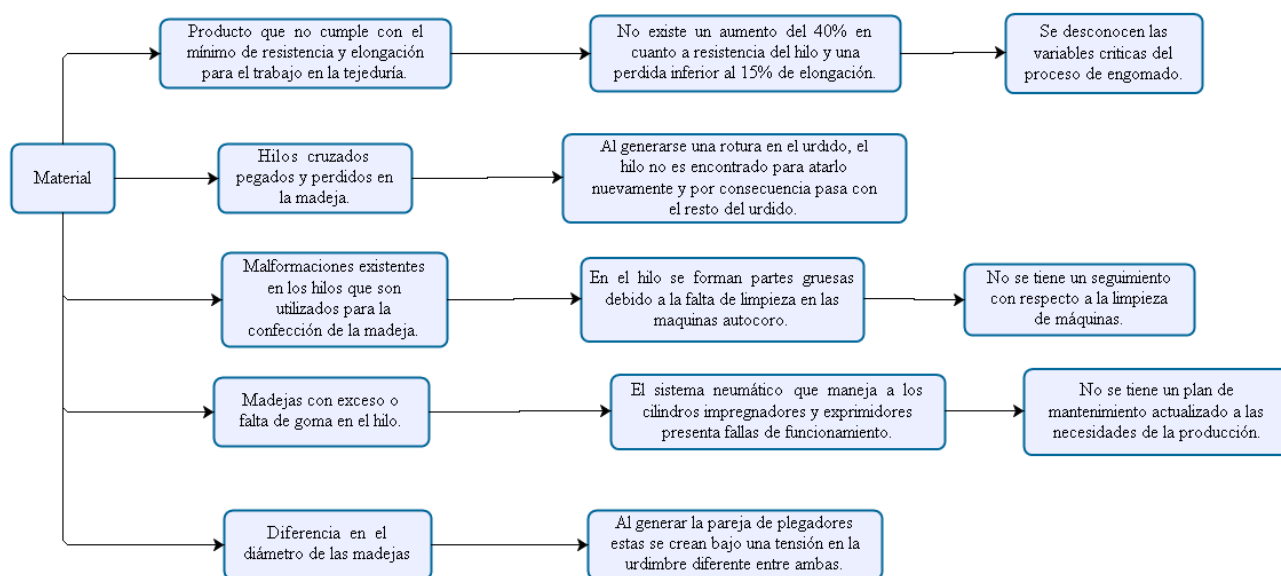
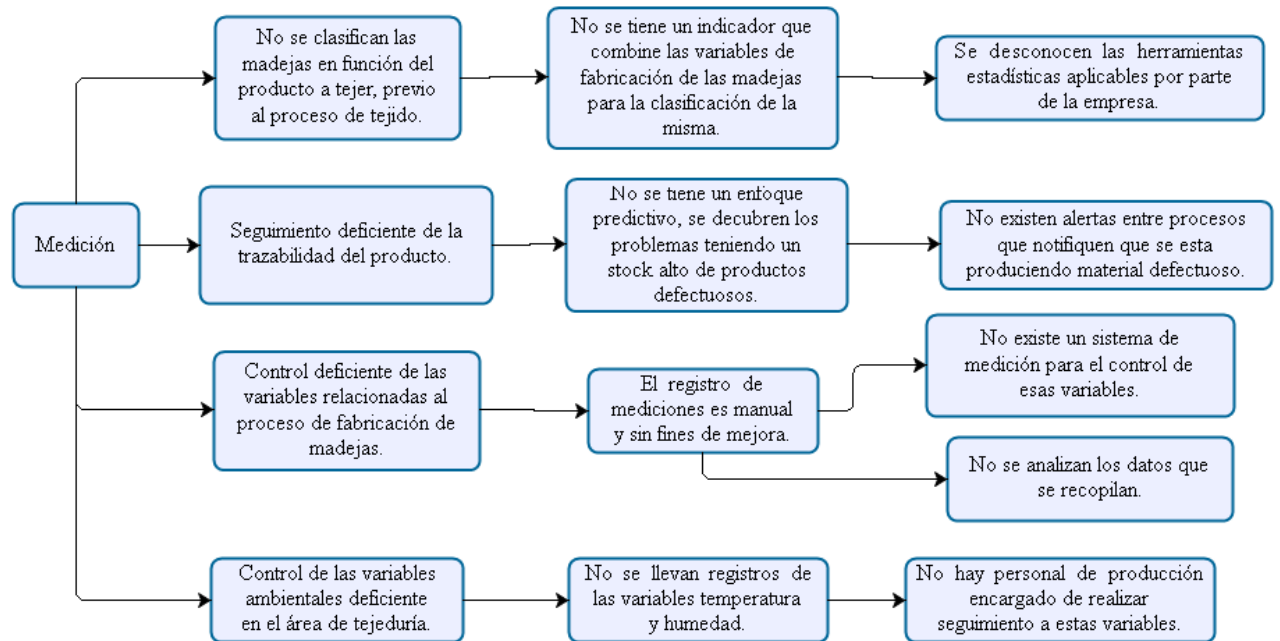
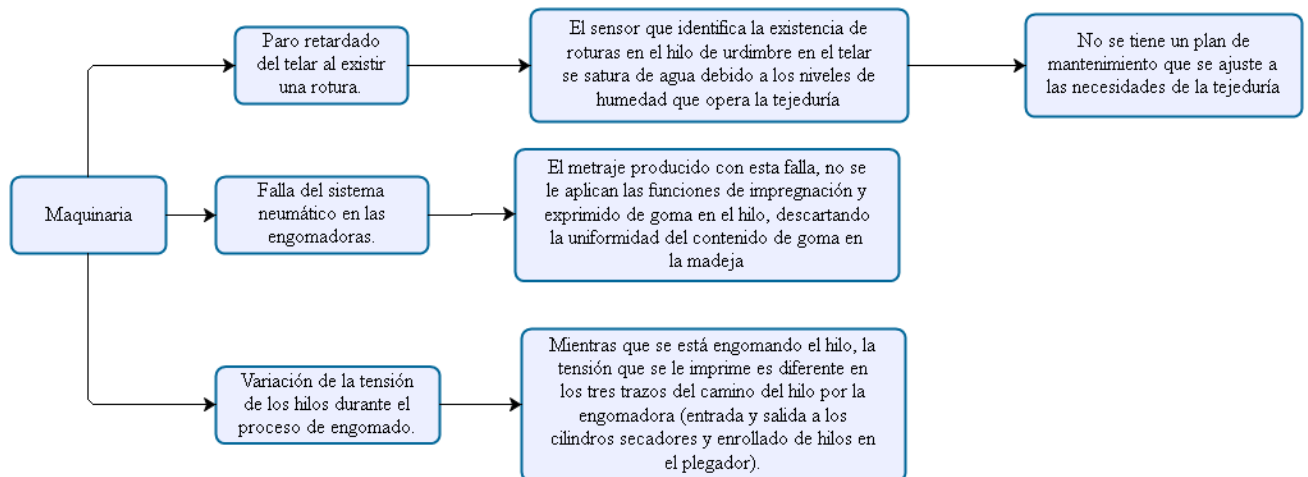


Figura 15: Diagrama ¿Por qué? Por qué? rama material.
Fuente: propia.



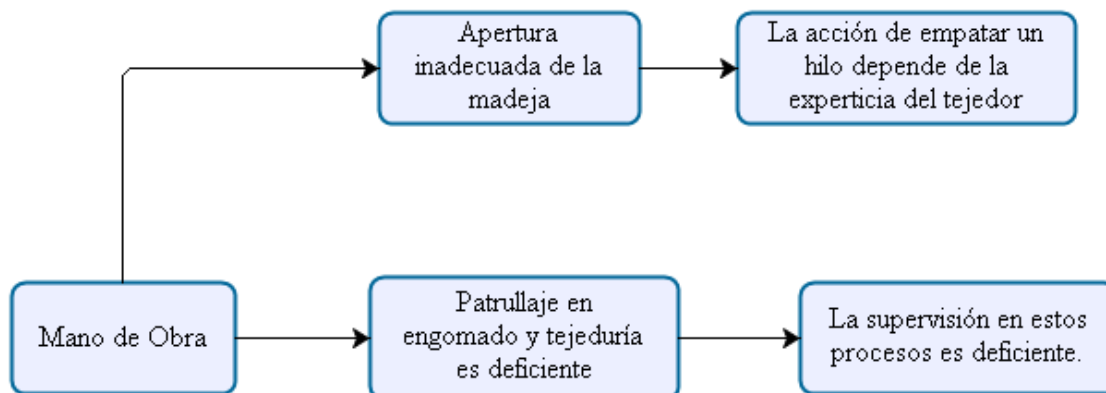
Powered by
bizagi
Modeler

Figura 16: Diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué? rama medición.
Fuente: propia.



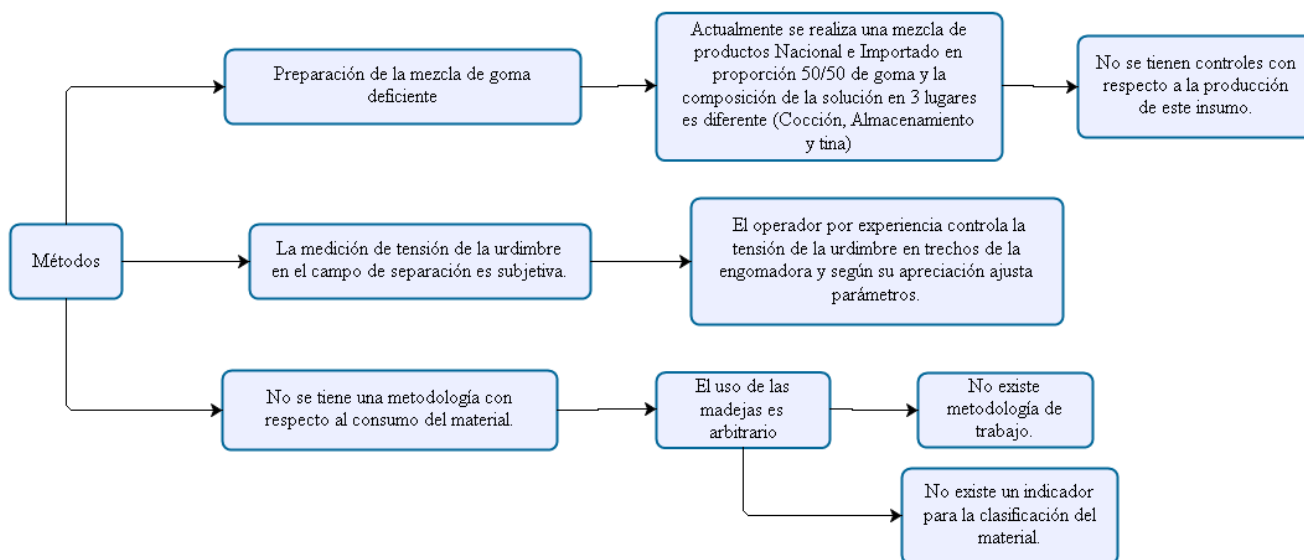
Powered by
bizagi
Modeler

Figura 17: Diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué? rama maquinaria.
Fuente: propia.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 18: Diagrama ¿Por qué, Por qué? rama Mano de Obra.
Fuente: propia.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 19: Diagrama ¿Por qué, Por qué? rama Métodos.
Fuente: propia

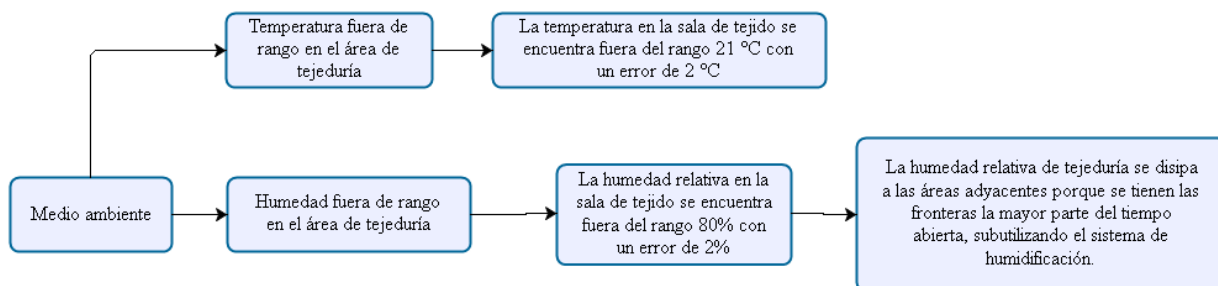


Figura 20: Diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué? rama Medio Ambiente.

Fuente: propia

Tras analizar las causas descritas en el diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué?, la información hasta estos momentos es la recolectada por personal de la empresa y la observación directa de los procesos de producción, para tener una base sobre el impacto que las causas tienen es conveniente realizar una serie de análisis para que al final del capítulo sea posible ponderar dichas causas y enumerar cuales son los factores a controlar.

La ejecución de estos análisis sigue la siguiente lógica:

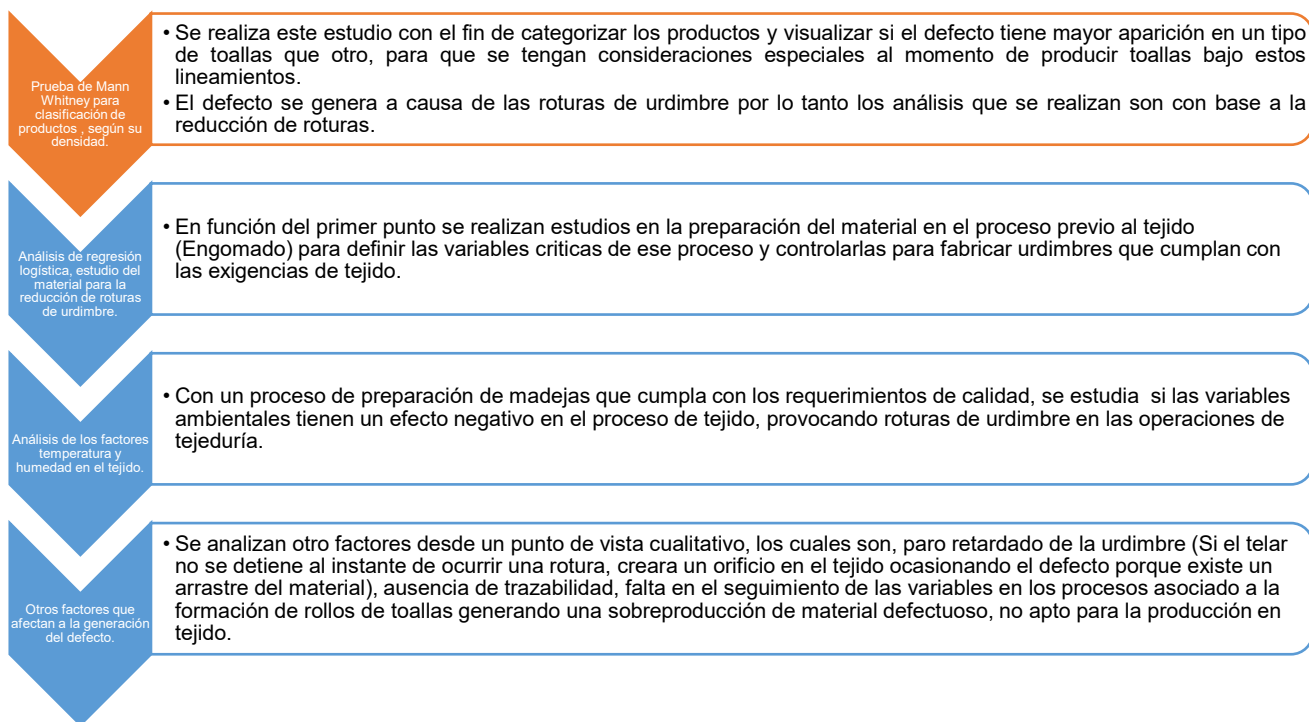


Figura 21 Agenda de los análisis a ejecutar

Fuente: propia

4.4.1 Referencias sometidas a estudio.

Para efectuar el diagnóstico de la empresa en cuanto al defecto “hilo roto”, se realiza un estudio de las referencias las cuales se presentan en la **Tabla 2: Referencias a estudiar**. Dichas referencias se encuentran clasificadas por la densidad de la urdimbre (Pasadas por pulgadas) debido a que se expondrá si existe alguna diferencia para la clasificación (alta o baja densidad), en cuanto a la métrica, toallas con el defecto “hilo roto” contra las toallas inspeccionadas del lote.

Tabla 2: Referencias a estudiar.
Fuente: propia.

Referencias sometidas a estudio			
Referencias	Producto	Pasadas por pulgada	Clasificación según densidad
141	Baño Hotel Line	45	ALTA DENSIDAD
180	Alfombra 12/2	38	BAJA DENSIDAD
230	Jumbo Classic New	42	ALTA DENSIDAD
231	Baño Classic New	42	ALTA DENSIDAD
232	Mano Classic New	42	ALTA DENSIDAD
301	Baño Sensación 15	36	BAJA DENSIDAD
305	Baño Ama de Casa 380	33	BAJA DENSIDAD
307	Jumbo Ama de Casa 380	33	BAJA DENSIDAD
308	Mano Ama de Casa 380	33	BAJA DENSIDAD
358	Baño Cordones Classic	52	ALTA DENSIDAD

Para iniciar el estudio de los datos recolectados, se seleccionó una muestra aleatoria de los lotes producidos y se calculó la métrica total de defectos del lote de producción. En la **Figura 23 Total de toallas con “hilo roto” del lote de producción clasificadas por densidad distribuida por periodo de tiempo mes año**. Se puede apreciar que para la clasificación de baja densidad el valor de la métrica es superior que el de clasificación de alta densidad. Existen valores atípicos en la representación gráfico esto se debe a que para el mes de septiembre del año 2018 no se tejieron toallas del grupo baja densidad, mientras que para diciembre de ese mismo año no se fueron tejidas toallas de alta densidad.

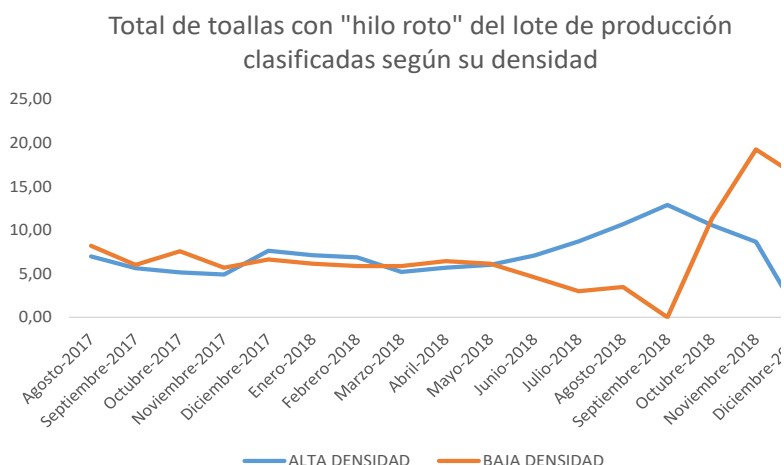


Figura 22 Total de toallas con “hilo roto” del lote de producción clasificadas por densidad distribuida por periodo de tiempo mes año.

En la recolección de la muestra se notó un comportamiento incremental de la métrica para las toallas producidas correspondiente a una densidad alta. Para estudiar el comportamiento de la métrica separado por

referencias se realizó un diagrama caja y bigotes para visualizar la dispersión de la muestra.

En la **Figura 24 Diagrama caja y bigotes para la métrica toallas con el defecto "hilo roto" contra las toallas inspeccionadas del lote por referencia.**, Es posible apreciar el comportamiento de la referencia con respecto a la métrica de estudio, para ello se muestra que para las referencias de baja densidad (180 y 308) su variabilidad con respecto al resto es baja puesto que

Muestreo Alta Densidad		Muestreo Baja Densidad	
n	858	n	1363
N	1108	N	1968
desv	12,9336	desv	17,0349
Z	2,7055	Z	2,7055
promedio	6,3911	promedio	6,7911
e relativo	1,50%	e relativo	1,50%
e	0,009	e	0,010

Figura 24 Resultados muestreo aleatorio simple sobre los lotes de toallas de los productos de alta y baja densidad de tejido
Fuente: propia

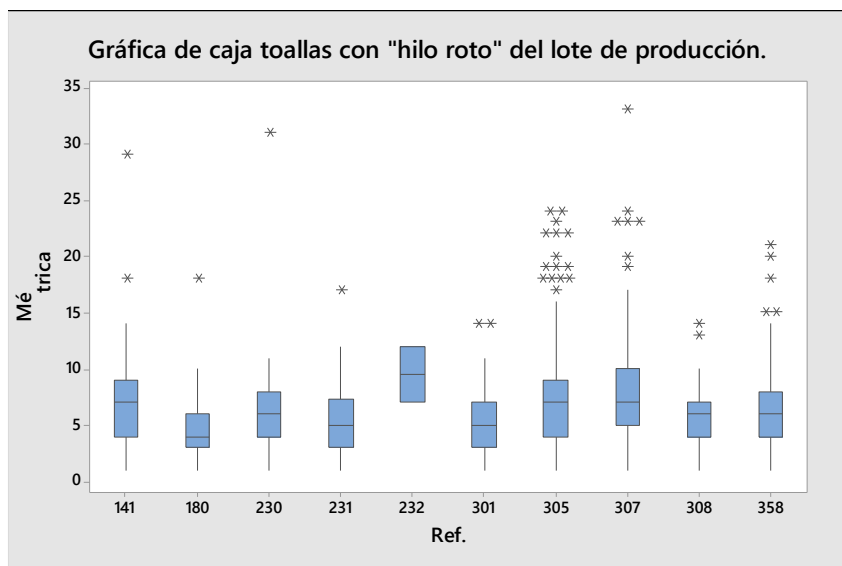


Figura 23 Diagrama caja y bigotes para la métrica toallas con el defecto "hilo roto" contra las toallas inspeccionadas del lote por referencia.
Fuente: propia.

el rango intercuartilico es considerablemente inferior que al resto de las referencias. Para los resultados visualizados es necesario identificar si el defecto de “hilo roto” tiene igual presencia a

pesar de la clasificación inicial en cuanto a la densidad del tejido.

Para estimar la media poblacional y concluir si el defecto se presenta con mayor frecuencia en un grupo de productos, se realizó el cálculo de tamaño de muestra que garantizó la estimación de la media para la métrica total de toallas defectuosas del lote de producción de tejido, con un error relativo del 1,5%, los resultados destacables están que para el subconjunto de alta densidad se necesitan de la revisión de 858 lotes de la población, mientras que para la categoría de baja densidad de tejido se necesitan examinar 1363 lotes de toallas.

Para identificar si existen diferencias entre las medias el subconjunto de toallas de alta densidad, contra las toallas de baja densidad se realizó una identificación de la función de densidad asociada a los conjuntos de datos mostrada en la **Figura 26 Resultados prueba Kolmogorov Smirnov para productos de alta y baja densidad de tejido**, donde se expresan los resultados del total de toallas con el defecto “hilo roto”, en el lote de producción no se ajusta a una distribución normal, mientras que el Análisis de la Variancia (ANOVA), se relaciona con la comparación múltiple de medias poblacionales bajo el supuesto de normalidad, no es posible aplicar ANOVA 1 Factor para demostrar que las medias poblacionales son diferentes, sin embargo, se realizó la prueba de Mann Whitney, la cual es un método no paramétrica, por lo que no se rige bajo los principios de normalidad.

Para los datos según el tamaño de muestra especificado en la **Figura 25 Resultados muestreo aleatorio simple sobre los lotes de toallas de los productos de alta y baja densidad de tejido**, se aplica la prueba de Mann Whitney, para ello se trabajó bajo la siguiente hipótesis:

Subconjunto baja densidad		Subconjunto alta densidad	
MAX H(x)-F(x)	0,1855	MAX H(x)-F(x)	0,1655
D (1363; 0,05)	0,0368	D851;0,05	0,0466
LOS DATOS NO SE AJUSTA A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL		LOS DATOS NO SE AJUSTA A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL	

Figura 25 Resultados prueba Kolmogorov Smirnov para productos de alta y baja densidad de tejido
Fuente: nronia

$$H_0: \mu_{baja\ densidad} \leq \mu_{alta\ densidad}$$

$$H_1: \mu_{baja\ densidad} > \mu_{alta\ densidad}$$

La hipótesis nula consiste en probar si estadísticamente la media poblacional de la métrica total de toallas con el defecto “hilo roto” del lote de producción, para las toallas

que se tejen con una referencia de alta densidad es igual a las que se tejen con una referencia de baja densidad. La hipótesis alterna trata de demostrar lo contrario.

Para la muestra seleccionada el **p-valor** obtenido en la prueba de Mann Whitney es de 0,034; en la **Figura 27 Salida Minitab, prueba Mann Whitney**, se relaciona al subconjunto “1” con los lotes revisados de los productos de baja densidad de tejido, mientras que el subconjunto “2”, hace referencia a los lotes revisados de los productos de alta densidad

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 > 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1541081,00	0,034
Ajustado para empates	1541081,00	0,034

Figura 26 Salida Minitab, prueba Mann Whitney
Fuente: propia

de tejido, el nivel de significación utilizado para la ejecución de la prueba es de 5%, así que, existen evidencias muestrales que permiten tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula, por tal razón el defecto tiene mayor presencia en aquellos productos que se fabrican con una densidad de tejido baja (Inferior a 40 pasadas por pulgadas). Por esta razón es necesario estudiar el

tratamiento que se aplica en la fabricación de madejas de forma que se puedan reducir la cantidad de roturas del hilo durante el proceso de tejido.

4.4.2 Análisis de las variables del proceso de preparación de las madejas.

El defecto de “hilo roto”, se encuentra relacionado con las roturas del material en el proceso de tejido, para ello fue necesario estudiar la influencia de las variables en el proceso de preparación del material para controlar las variables críticas que afectan el proceso. Para determinar el riesgo que se vincula a la falta de control de proceso en las variables a estudiar, se realizó una regresión logística binaria, esta herramienta es capaz de determinar analíticamente las variables críticas a controlar para obtener un material que rompa lo menos posible en el proceso de tejido.

Para el estudio de las madejas fabricadas con hilos de título 16/1, el proceso inicia con la formación de conos de hilos, que posteriormente son consolidados en una orden de plegadores durante el proceso de urdido, que seguidamente son engomados para reforzar la resistencia del hilo y soportar los esfuerzos a los que se somete el material en el proceso de

tejido. Al ejecutar el análisis de regresión logística binaria, se tomaron en consideración las siguientes variables:

Tabla 3: Variables de estudio en el proceso de preparación de la madeja máquina WP1.

Fuente: propia.

ID	Variables a estudiar	Unidad de medida
1	Roturas por millón de metros en el proceso de engomado.	[Roturas/m]
2	Roturas por millón de metros en el proceso de urdido.	[Roturas/m]
3	Tensión del plegador.	[AMP]
4	Presión rodillo.	[psi]
5	Presión del exprimido de la tina.	[psi]
6	Temperatura de la tina durante el engomado.	[°C]
7	Presión de la línea principal.	[psi]
8	Temperatura del cilindro secador 1	[°C]
9	Temperatura del cilindro secador 2	[°C]
10	Temperatura del cilindro secador 3	[°C]
11	Temperatura del cilindro secador 4	[°C]
12	Temperatura del cilindro secador 5	[°C]
13	Temperatura del cilindro secador 6	[°C]
14	Temperatura del cilindro secador 7	[°C]
15	Sólidos disueltos en la tina (Composición de la solución).	[% BRIX]
16	Revoluciones por minutos del telar.	[rpm]

El procedimiento que se utilizó en este estudio, para determinar la variable respuesta para evaluar el comportamiento de la madeja y clasificarla de manera binaria, consiste en la determinar un rango de tiempo en horas para el consumo de material en función de las referencias a tejer y la eficiencia esperada del telar, para la construcción del indicador, inicialmente se calculó el tiempo ideal de consumo de la madeja, posteriormente ese valor es multiplicado por los límites de eficiencia del telar, fijados con base al comportamiento histórico en la tejeduría, de manera que si el tiempo de consumo real de la madeja se encuentra entre los límites propuestos, quiere decir que la madeja trabajo en las condiciones esperadas, sucediendo todo lo contrario cuando el tiempo de consumo está fuera de los límites.

Las ecuaciones utilizadas para determinar la variable respuestas se muestran a continuación:

$$\text{Tiempo de consumo de madejas ideal (TCMI)} = \frac{\sum M_i * \frac{\rho_i}{h_i}}{RPM_{telar} * K}$$

Donde:

M: metraje de hilos de urdimbre de felpa utilizados para tejer toallas de la referencia (i) [m].

ρ: densidad de tejido para el tejido de la referencia (i) [tramas/cm].

h: altura de rizo de la referencia (i) [No posee unidad de medida].

RPM: se refiere a la cantidad de tramas insertadas por minutos que se aplican en el telar [tramas/min].

K: es una constante que hace referencia a los factores de conversión para que el tiempo de consumo de madejas ideal quede en cantidad de horas.

$$K = \frac{10}{6} * \frac{cm * h}{m * min}$$

$$\text{Tiempo minimo (TMN)} = TCMI * (1 + (1 - Eficiencia maxima))$$

$$\text{Tiempo maximo (TMX)} = TCMI * (1 + (1 + Eficiencia minima))$$

En este particular las eficiencias corresponden a 40% a la mínima y 60% al valor máximo. Mientras que la regla de decisión es la siguiente:

$$\text{Si: } TMN \leq TCMI \leq TMX \text{ Clasifica como } Y = 1, \text{ de lo contrario, } Y = 0$$

Según los resultados obtenidos del modelo de regresión utilizando todas las variables se obtuvieron los siguientes resultados destacados.

Tabla 4: Resultado prueba Hosmer y Lemeshow salida SPSS.

Fuente: propia.

Escalón	Chi-cuadrado	Gl	Sig.
1	1,638	8	0,99

Entre los resultados destacados la lejanía del modelo que es de 22.042; este valor será tomado como referencia para determinar el modelo que describe el proceso con el menor número de variables de estudio. En cuanto a la fijación de los datos al modelo de regresión

es aceptable puesto que el **p-valor** de la prueba de Hosmer y Lemeshow es superior al nivel de significación (5%), lo cual indica que los datos se ajustan al modelo de regresión.

Para determinar las variables críticas en la fabricación de las madejas, resultó necesario estudiar la lejanía al ir incrementando variables al modelo, según la **Tabla 5: Resultados variables críticas del modelo**. La variable que arrojo mayor aporte para describir el modelo de regresión es el porcentaje de sólidos disueltos en la tina, es lógico este resultado puesto que definirá el recubrimiento que tuvo el hilo en cuanto a la película de goma en la superficie del hilo lo cual tendrá un impacto en el incremento de resistencia en el hilo para evitar las roturas en el tejido de toallas, para mayor información visualice el **Anexo E (Resultados regresión logística)**.

Tabla 5: Resultados variables críticas del modelo.

Fuente: propia.

ID Variables.	Var. Modelo reducido	Lejanía del modelo	Var. Modelo inicial	GL	Incremento	P valor	A	Decisión
8	1	55,657	16	15	33,615	0,004	0,05	Es Sig.
8; 15	2	50,149	16	14	28,107	0,014	0,05	Es Sig.
8; 15; 14	3	46,801	16	13	24,759	0,025	0,05	Es Sig.
8; 15; 14; 6	4	41,408	16	12	19,366	0,080	0,05	No es Sig.
8; 15; 14; 6; 9	5	39,605	16	11	17,563	0,092	0,05	No es Sig.
8; 15; 14; 6; 9; 5; 17	6	37,232	16	10	15,190	0,125	0,05	No es Sig.
8; 15; 14; 6; 9; 5; 4; 17; 6	7	33,906	16	9	11,864	0,221	0,05	No es Sig.
8; 15; 14; 6; 9; 5; 4; 16; 5; 17; 6; 8	8	31,889	16	8	9,847	0,276	0,05	No es Sig.

Debe ser tomado en cuenta el número mínimo de variables que describen el comportamiento de la madeja en la tejeduría siendo de 4 variables (Sólidos, temperatura de la tina de encolado y las temperaturas de los cilindros secadores 1 y 7). Para el modelo mínimo de variables los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 6 Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo mínimo de variables.

Fuente: propia.

Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
C1	-0,238	0,105	5,148	1	0,023	0,788
C7	-0,268	0,143	3,475	1	0,062	0,765
Sólidos	-1,181	0,77	2,356	1	0,125	0,307
Temperatura Tina	0,141	0,093	2,29	1	0,13	1,151
Constante	41,764	19,802	4,448	1	0,035	1,3737E+18

Para el modelo que se mostrado en la **Tabla 6 Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo mínimo de variables.**, el **p-valor** de la prueba de Hosmer y Lemeshow, es de 0,6. Si se aplica un nivel de significación del 5% los datos se ajustan al modelo de regresión; sin embargo en la evaluación del rendimiento del modelo contraste de la variable respuesta, contra el valor pronosticado se obtuvo un rendimiento del 73.5%, en tal sentido se toma la decisión de integrar las siguientes variables al modelo presentado en la **Tabla 6 Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo mínimo de variables.**

En la **Tabla 7: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP1.** Son mostrados los resultados obtenidos de la prueba de Hosmer y Lemeshow, el **p-valor** de la prueba es de 0,892 por lo que los datos se asocian al modelo de regresión, en cuanto al rendimiento que presenta este modelo es de 84 %.

Tabla 7: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP1.

Fuente: propia.

Variables	B	Error estándar	Wald	Gl	Sig.	Exp(B)
Temperatura cilindro secador 1	0,007	0,155	0,002	1	0,966	1,007
Temperatura cilindro secador 7	-0,536	0,242	4,924	1	0,026	0,585
Porcentaje de sólidos disueltos en tina	-2,496	1,581	2,493	1	0,114	0,082
Temperatura tina	0,581	0,237	6,019	1	0,014	1,788
Temperatura cilindro secador 2	-0,52	0,211	6,087	1	0,014	0,594
Presión exprimido tina	-0,114	0,06	3,599	1	0,058	0,893
Presión Rodillo	0,634	0,302	4,411	1	0,036	1,885
RPM	0,247	0,142	3,048	1	0,081	1,281
Constante	-40,488	42,538	0,906	1	0,341	0

Los resultados obtenidos son aceptables para poder definir las variables a controlar. Según los resultados mostrados en **Tabla 7: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP1.** Según los coeficientes de regresión, las variables críticas a las cuales se deben de generar controles exhaustivos, siempre y cuando se cumplan con las instrucciones para la cocción de la goma, son los referidos a las temperaturas de los cilindros secadores inicial y final, presión de exprimido, la temperatura de la tina y la presión del rodillo, de igual manera es necesario controlar los sólidos que disueltos en la tina, debido a que con base a las propiedades de la goma y la impregnación que esta tenga en el hilo se tendrá un material reforzado. Es clave resaltar la criticidad de estas variables considerando que en el diagrama causa efecto se exponen causas asociadas a las mismas. Causas que fueron recolectadas en el proceso mediante entrevistas a los involucrados y la observación directa.

Igualmente se realizó este mismo estudio para la máquina de engomado WP2 y las variables críticas del proceso responden a la tensión a la cual se envuelven los hilos en el plegador y el porcentaje de sólidos disueltos en la tina de encolado, los resultados hallados se exponen en la **Tabla 8: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP2.**

Tabla 8: Salida SPSS Coeficientes de regresión modelo sujeto a estudio, máquina WP2.
Fuente: propia.

Variables	B	Error estándar	Wald	Gl	Sig.	Exp(B)
Tensión del Plegador	0,473	0,259	3,327	1	0,068	1,604
Porcentaje de sólidos disueltos en tina	1,065	0,487	4,777	1	0,029	2,9
Temperatura de Tina	0,071	0,093	0,589	1	0,443	1,074
Temperatura cilindro secador 1	0,027	0,094	0,082	1	0,775	1,027
Temperatura cilindro secador 6	0,002	0,061	0,001	1	0,975	1,002
RPM	0,012	0,029	0,184	1	0,668	1,012
Presión Secador	-0,068	0,046	2,18	1	0,14	0,934
Constante	-19,85	18,656	1,132	1	0,287	0

Para el modelo de la máquina de engomado WP2. Se obtuvo en la prueba de Hosmer y Lemeshow un **p-valor** de 0.728; de esta manera los datos se ajustan perfectamente al modelo de regresión logística, entre tanto al comparar los resultados del entrenamiento con los valores pronosticados se obtiene un rendimiento de 82%, indicando que es una métrica aceptable para el uso de esta herramienta estadística.

Para el control del proceso en el área de engomado, se estimó que las variables del modelo de regresión, deben de oscilar entre los valores presentados en la **Tabla 9 Variables a controlar en la engomadora WP1** y la **Tabla 10 Variables a controlar en la engomadora WP2.**

Tabla 9 Variables a controlar en la engomadora WP1
Fuente: propia

Variables a controlar en la engomadora WP1	
Variable	Valor de referencia
Composición de la solución [porcentaje BRIX] (a)	2% < (a) < 3%
Temperatura cilindro secador 1 [°C] (b)	135°C < (b) < 150°C
Temperatura cilindro secador 2 [°C] (c)	120°C < (c) < 140°C
Temperatura cilindro secador 3 [°C] (d)	53°C < (d) < 62°C
Temperatura tina [°C] (f)	74°C < (f) < 82°C
Tensión cilindros exprimidores [psi]	20 psi
Presión rodillo [psi]	60 psi

Tabla 10 Variables a controlar en la engomadora WP2
Fuente: propia

Variables a controlar en la engomadora WP2	
Variable	Valor de referencia
Composición de la solución [porcentaje BRIX] (a)	2% < (a) < 4%
Temperatura cilindro secador 1 [°C]	160 °C
Temperatura cilindro secador 6 [°C] (b)	50°C < (b) < 60°C
Temperatura tina [°C] (c)	75°C < (c) < 82°C
Tensión del plegador [psi]	15 psi
Presión secador [psi]	50 psi

Como se puede apreciar en las tablas de las variables a controlar en el engomado, se debe de tomar en consideración para futuros estudios la relación de las variables: temperatura en los cilindros, tinas y composición de la solución en la tina; son variables que marcan seriamente el porcentaje de materia fija en el hilo, guardando relación con la resistencia y elongación que adquiere el hilo durante la aplicación de este proceso textil.

4.4.3 Incidencias de los factores temperatura y porcentaje de humedad relativa en el ambiente con respecto a las roturas de urdimbre.

En los estudios de variables se contempló la relación de las variables de temperatura y humedad relativa en la generación de roturas en la tejeduría. Para ello se realizó un diseño de experimento en el cual se clasificaron en grupos los valores de temperatura y humedad relativa mientras que se relacionaron con la variable respuesta roturas por tramas insertadas por hora de producción, la ecuación que describe este indicador es la siguiente:

$$Ind. = \left(\frac{\text{Roturas de urdimbre}}{\text{Tramas insertadas}} * 1000 \right)_{\text{por hora de producción}}$$

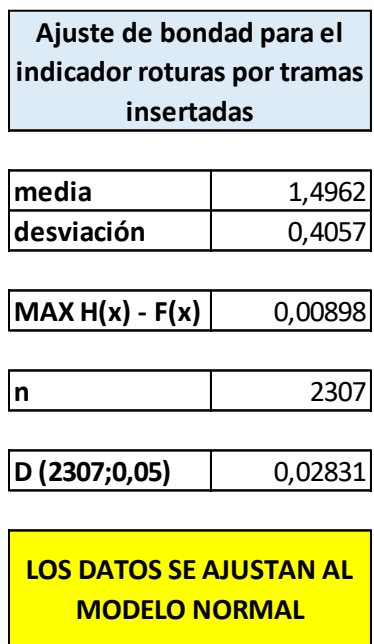


Figura 27 Resultado prueba de bondad Kolmogorov Smirnov para la variable roturas por tramas insertadas
Fuente: propia

La razón por la que este indicador se divide en horas, se debe a que las variables ambientales cambian sus valores en el tiempo, el seguimiento que se realizó para estas consistió en la medición por hora de producción de la humedad y la temperatura en el ambiente y dicha información se relaciona con los telares que trabajaron durante 16 horas continuas de producción, para eliminar cualquier sesgo en cuanto a la cantidad de roturas de urdimbre por turno, por lo que no es correcto comparar telares que trabajan un turno de producción que otra porción que se mantuvo en operación los dos turnos de producción.

Para dar inicio al análisis es necesario evaluar si los datos se ajustan al modelo normal, por ello se realizó un ajuste de bondad con la prueba de Kolmogorov Smirnov, los resultados asociados a este estudio se muestran en la

Figura 28 Resultado prueba de bondad Kolmogorov Smirnov para la variable roturas por tramas insertadas, el resultado destacable de dicha prueba indica que los datos se ajustan a la distribución normal, en tal sentido, es posible aplicar el análisis de dos factores para determinar si las variables temperatura y humedad relativa tienen incidencias en las roturas de urdimbre, detonante en la producción del defecto en los rollos de toallas.

4.4.4 ANOVA 2 Factores, influencia de la temperatura y humedad relativa en las roturas de urdimbre.

En este diseño de experimentos las variables temperatura y humedad se categorizaron en tres grupos, los rangos de agrupación se especifican en la **Figura 29 Clasificación de los factores Temperatura y Humedad relativa**, donde se puede observar que los criterios en los que se basan para la distribución de los factores es el uso de los cuartiles, en donde la mayoría de los datos se encuentran en el grupo dos. Por esta razón al realizar la matriz de factores y relacionar la variable respuesta, solo existe

Grupo	Criterio	Val. Humedad	Val. Temperatura
1	Minimo $\leq X < Q1$	68% $< HR < 72\%$	17°C $< T < 22^\circ\text{C}$
2	$Q1 \leq X < Q3$	73% $< HR < 83\%$	23°C $< T < 25^\circ\text{C}$
3	$Q3 \leq X < \text{Maximo}$	84% $< HR < 87\%$	26°C $< T < 29^\circ\text{C}$

Figura 28 Clasificación de los factores Temperatura y Humedad relativa

Fuente: propia

relación interna entre 49 registros, esto quiere decir, que el número de valores por celda de trabajo (intercepción de grupos de humedad relativa y temperatura), la componen solo ese número de registros ($n = 49$ valores), los resultados asociados a la prueba se muestran en la **Figura 29 ANOVA 2 Factores Roturas por tramas insertadas versus Temperatura y Humedad relativa en el ambiente**.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Muestra	115,6730	2,0000	57,8365	3995,9002	0,0000	3,0166	
Columnas	3,0109	2,0000	1,5055	104,0121	0,0000	3,0166	
Interacción	5,8273	4,0000	1,4568	100,6507	0,0000	2,3926	
Dentro del grupo	6,2527	432,0000	0,0145				
Total	130,7639	440,0000					

Figura 29 ANOVA 2 Factores Roturas por tramas insertadas versus Temperatura y Humedad relativa en el ambiente

Fuente: propia

De la **Figura 29 ANOVA 2 Factores Roturas por tramas insertadas versus Temperatura y Humedad relativa en el ambiente**, se puede observar que existe interacción entre los factores que describen la variable respuesta, la temperatura y la humedad inciden en el comportamiento del hilo, por esta razón se decidió realizar análisis dejando fijo los

valores de humedad relativa y variando la temperatura. Los resultados se muestran a continuación.

En el caso del diseño de experimentos unifactorial (Temperatura: $17^{\circ}\text{C} < T < 22^{\circ}\text{C}$, $23^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$, $26^{\circ}\text{C} < T < 29^{\circ}\text{C}$), manteniendo fijo el factor humedad entre 68% y 72%, las medias es iguales entre sí, por lo que es posible discriminar la temperatura que arroje mejores resultados, para la distinción entre las medias se puede resaltar que el mejor resultado se obtiene cuando la temperatura en el ambiente es menor ($17^{\circ}\text{C} < T < 22^{\circ}\text{C}$).

Análisis de varianza de un factor

73%HR<83

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
17<T<22	49	34,4151	0,7023	0,0365
23<T<25	49	30,6787	0,6261	0,0123
26<T<29	49	47,8924	0,9774	0,0255

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	3,3463	2	1,6732	67,5251	0,0000
Dentro de los grupos	3,5681	144	0,0248		
Total	6,9144	146			

Análisis LSD ANOVA grupo de temperaturas Humedad fija 73% < HR < 83%

N-a	144	n
Mse	0,0248	49

i	j	Yi	Yj	LSD	Pvalor
17<T<22	23<T<25	0,7023	0,6261	4,1104	0,0001
17<T<23	26<T<29	0,7023	0,9774	14,8264	0,0000
23<T<25	26<T<29	0,6261	0,9774	18,9369	0,0000

Figura 30 Análisis grupo de temperaturas a humedad relativa fija entre 73% y 83%
Fuente: propia

En la **Figura 30 Análisis grupo de temperaturas a humedad relativa fija entre 73% y 83%**, se aprecia que no hay igualdad de medias, en la agrupación de temperaturas, mostrando el valor óptimo para el trabajo en la tejeduría (Temperaturas entre 23°C y 25°C , mientras que para la humedad relativa debe de estar entre 73% y 83%).

En el caso del diseño de experimentos unifactorial (Temperatura: $17^{\circ}\text{C} < T < 22^{\circ}\text{C}$, $23^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$, $26^{\circ}\text{C} < T < 29^{\circ}\text{C}$), manteniendo fijo el factor humedad entre 84% y 87%, se resalta que, el menor valor para la variable respuesta es de 1,82 para el grupo que se encuentra entre las temperaturas 17°C y 22°C , sin embargo es un valor alto comparado con el resto de los valores hallados en los resultados de ANOVA 1 Factor presentados anteriormente.

Analizando los resultados de los ANOVA 1 Factor, destaca que los mejores resultados obtenidos para el decremento de la variable de estudio, la temperatura en el ambiente debe de ser baja (situada entre los 17°C y 22°C), mientras que para la humedad relativa el mejor escenario es cuando se encuentra entre los valores 73% y 83%, en la **Figura 34 Promedio de roturas por grupos de condiciones ambientales**, se muestran los grupos de condiciones ambientales y el promedio de roturas por hora de producción, con el control de las variables

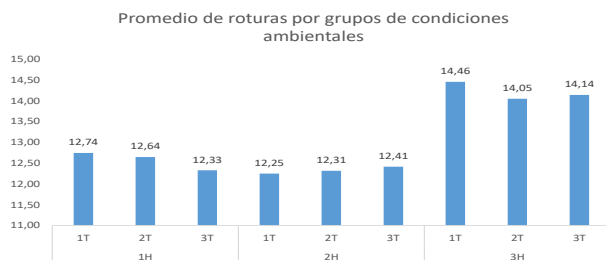


Figura 31 Promedio de roturas por grupos de condiciones ambientales
Fuente: propia

ambientales es posible reducir las roturas de urdimbre, aunado a esto, el estudio y la fijación de nuevos estándares de producción para la producción de madejas son consideraciones especiales que se deben de tener al momento de producir rollos de toallas en la

tejeduría, por lo que se reducen los paros de urdimbre de manera significativa.

4.4.5 Desconocimiento de la trazabilidad del producto.

Para conocer el comportamiento de los rollos de toallas analizados aguas arriba luego del almacén de crudo, se convierte en una limitante para el estudio, en el proceso debido a que la trazabilidad de los rollos de toallas se pierde, lo cual se hace imposible conocer ciertas características como:

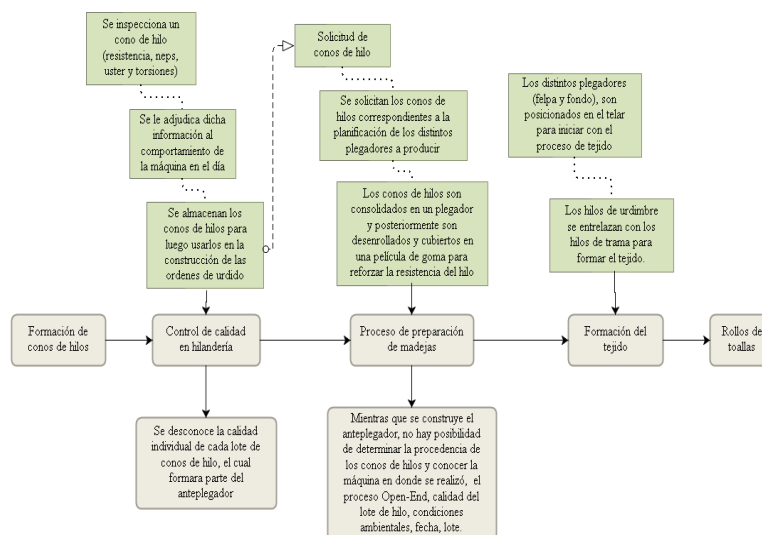


Figura 32 Desconocimiento de la trazabilidad del producto
Fuente: propia

calidad de los conos de hilos que pasan a urdido, fecha de producción, o turno, que permitan encontrar patrones sistemáticos. Ante lo anteriormente expuesto se hace importante la realización de un diagrama en el cual se exponga brevemente el proceso donde se pierde el seguimiento y el efecto que el mismo produce en el estudio.

Analizando el diagrama **Figura 35 Desconocimiento de la trazabilidad del producto**, se aprecia que no existe trazabilidad con respecto a los productos que salen de hilandería (Conos de hilos), mientras que existe trazabilidad entre los procesos de urdido,

engomado y tejido, sin embargo al ejecutarse las operaciones de producción se pierden una serie de variables que se afectan la calidad de los rollos de toallas en los procesos previos a la revisión de crudo, dichas variables se presentan en la **Figura 33 Pérdida de datos a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas.**

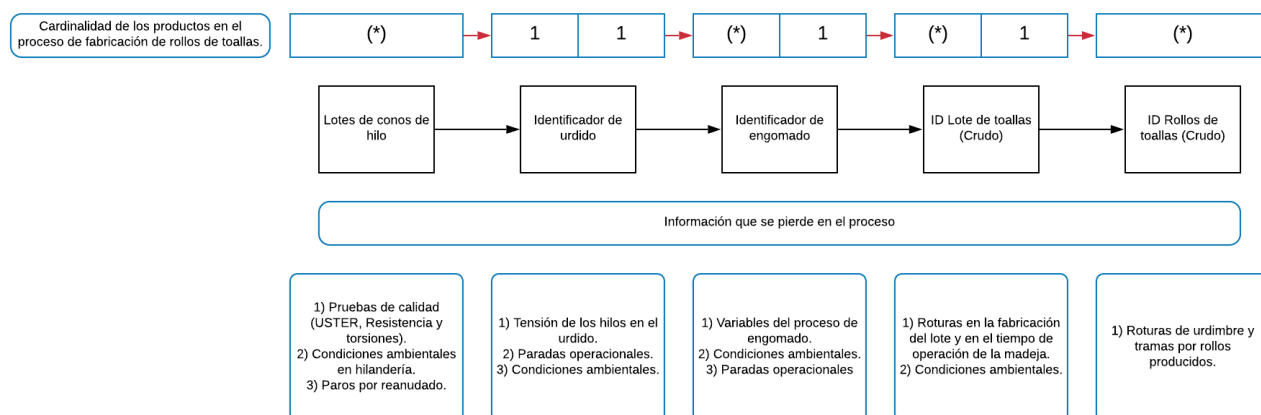


Figura 33 Pérdida de datos a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas
Fuente: propia

Analizando el diagrama de la **Figura 33 Pérdida de datos a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas**, se presenta la cardinalidad de los productos que se realizan en los procesos asociados a la formación de rollos de toallas, el símbolo “(*)” indica que se utilizan varios elementos de ese producto para la construcción de “1” elemento de la etapa siguiente a ese producto, con base a ello, en el diagrama se visualiza que se necesitan varios lotes de conos de hilos para la construcción de un anteplegador, en tal sentido se explica cómo son las relaciones existentes entre productos, para producir varias madejas se utiliza una orden de urdido, mientras que para la construcción de lotes de toallas se puede utilizar varias veces una pareja de madejas, mientras que un lote de toallas en crudo está compuesto por varios rollos de toallas que se construyen en simultáneo, la unidad de medida de los rollos son las toallas.

Por otra parte las variables que se pierden en el desarrollo de las operaciones de manufactura para el proceso de hilandería son la cantidad de conos a utilizar en la montada de urdido que pertenezcan a un lote de producción de hilandería, los resultados de las pruebas de calidad se desconoce si la producción que se va a desarrollar se ajusta a los estándares de

resistencia del hilo y las torsiones ejercidas en el hilo en el proceso de hilatura, generando problemas de tensión en los hilos de la urdido provocando los hilos cruzados en la formación del anteplegador.

En otro orden de ideas, no se tienen registros de las condiciones ambientales que afectan directamente al comportamiento del hilo y para finalizar con este punto no se tiene registro de los paros por reanudado en el proceso de hilatura, esta variable es importante para el proceso porque puede dar indicios si la producción que va a salir tiene altas probabilidades de poseer malformaciones en el hilo “gatas” factor que interviene en la generación de roturas en las operaciones de tejeduría, gestionando eficientemente la producción, debido a que se genera un mínimo de material defectuoso en esta etapa.

En los procesos asociados a la preparación del material, no se tienen registros de las variables medio ambiente, ni de las paradas operacionales que ocurren mientras que se está ejecutando la producción del material, en el proceso de urdido no se tienen registros para la medición de la tensión en los hilos.

En cuanto a las variables relacionadas a la producción de las madejas en la etapa de engomado se pierden, los datos de las rutinas no se analizan ni se relacionan con los resultados de tejido, por lo que no se tiene un enfoque de mejora continua, no se verifica el cambio de las variables durante la producción, evidenciando una falta de control porque al momento de producir una madeja en condiciones no aptas para el tejido no se tienen registros de cambios en las variables críticas del proceso (composición de la solución, temperatura de la tina y las temperaturas de los cilindros de secado inicial y final), dando como consecuencia la fabricación de material defectuoso en amplias cantidades, se detectó que existe un problema cuando se posiciona una madeja en el telar.

En el proceso de tejido no se le asignan las roturas a la madeja ni al lote de producción solo se manejan las roturas en el intervalo de producción, para esta variable se requiere agruparla en la producción del lote, porque enviará alertas sobre la producción de las toallas que se están tejiendo permitiendo notificarle al personal encargado de las operaciones de manufactura que el material o la maquinaria está ocasionando problemas en la continuidad del proceso. En otro orden de ideas, el rastreo de las condiciones ambientales en tejido es nulo, los registros son realizados por el personal del área de calderas y se llevan de forma

manual, no se tiene a una persona encargada del seguimiento de la variable, ni un equipo que realice mediciones en tiempo real para que los datos sean almacenados en una base de datos, ocasionando la imposibilidad del análisis de los casos cuando la humedad y la temperatura se encuentran fuera de los rangos establecidos en este trabajo de grado ($73\% < HR < 83\%$ // $17^{\circ}\text{C} < T < 22^{\circ}\text{C}$).

La falta de control en las variables expuestas en este apartado son las causas de los problemas que se asocian a la formación del material a tejer; si no se tienen mediciones no se puede mejorar y trayendo como consecuencia la sobreproducción de material defectuoso, que debe consumirse en la etapa de tejido.

4.4.6 Matriz de priorización “Método del consenso de criterio”.

De acuerdo a la identificación de los distintos factores que originan dichos síntomas, se hace necesario la implementación de una matriz de priorización como una herramienta que permitirá filtrar aquellas causas con mayor impacto, probabilidad de ocurrencia y que se pueda controlar con facilidad. Esta elección se hizo con la ayuda de entrevistas no estructuradas al personal de producción, incluyendo los análisis estadísticos realizados y diagramas mostrados en los apartados anteriores de análisis.

En la **Tabla 11 Matriz de priorización para ponderación de causas**, se aprecia que el factor cuyas causas tienen mayor impacto están relacionados a la medición y el material, estos factores se vinculan directamente con los métodos de trabajo que se tienen en la empresa; debido a que no se clasifican las madejas previamente al proceso de tejido, no se tienen alertas entre las etapas acerca de la producción para verificar el estado de la misma, arrojando como resultado la fabricación de material defectuoso para futuras etapas del proceso de manufactura.

También impactan los factores de maquinaria y medio ambiente, ya que al trabajar no se cuenta con un plan de mantenimiento para las intervenciones de los telares, en su lugar se atienden las fallas solo cuando aparecen. El seguimiento de las variables asociadas al factor medioambiental en la tejeduría es nulo.

Tabla 11 Matriz de priorización para ponderación de causas
Fuente: propia

Criterios	Impacto	Frecuencia	Facilidad de control	Total
Causas	PC 1	PC 2	PC3	
Preparación de la goma de manera deficiente	12	3,6	1,6	17,2
Monitoreo de la tensión en la urdimbre durante el proceso de engomado al tacto del operario	6	8,4	2,4	16,8
Temperatura fuera de rango en el área de tejeduría	20	12	7,2	39,2
Humedad fuera de rango en el área de tejeduría	20	12	7,2	39,2
Paro retardado de la urdimbre	20	10,8	8	38,8
Peine defectuoso	4	2,4	1,6	8
Variación en la tensión de la urdimbre en el proceso de engomado	18	10,8	8	36,8
Falla del sistema neumático en las engomadoras	6	1,2	0,8	8
Apertura inadecuada de la madeja	2	1,2	0,8	4
Patrullaje en tejeduría y engomado deficiente	6	3,6	2,4	12
Falta de indicador para la clasificación de las madejas	20	12	7,2	39,2
Seguimiento deficiente con respecto a las variables relacionadas al proceso de fabricación de madejas	20	12	8	40
Falta de un sistema de monitoreo para el monitoreo de las variables en el proceso de engomado	20	12	7,2	39,2
Madejas que no cumplen con el mínimo de resistencia y elongación para el trabajo en tejeduría	20	12	8	40
Hilos cruzados y perdidos en la madeja	4	2,4	2,4	8,8
Gatas existentes en la madeja	6	3,6	0,8	10,4
Mucha o poca goma en la urdimbre	2	2,4	0,8	5,2
Diferencia en el diámetro de las madejas	20	10,8	7,2	38

4.4.7 Pareto de causas.

Para visualizar los resultados obtenidos en la matriz de jerarquización y tomar decisiones con respecto a los factores que poseen mayor incidencia en la generación del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas se realizó en diagrama de Pareto, el cual se puede visualizar en la **Figura 37 Pareto de**

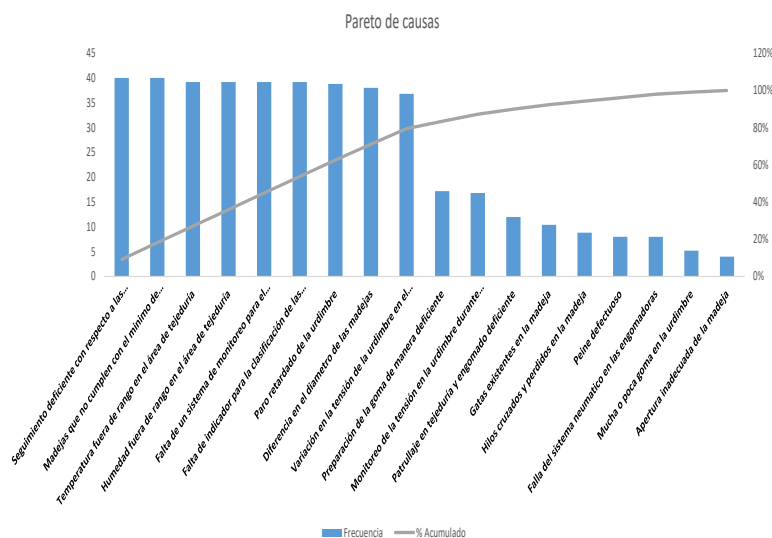


Figura 34 Pareto de causas generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas
Fuente: propia.

causas generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas.

Las causas que se decidieron controlar para la reducción del defecto con base al análisis del Pareto son las siguientes:

- Seguimiento deficiente con respecto a las variables relacionadas al proceso de fabricación de madejas, para que las madejas cumplan con el mínimo de resistencia y elongación para el trabajo en tejeduría.
- Clasificar las madejas antes de iniciar el consumo de la misma en tejeduría.
- La mejora en las condiciones ambientales (Temperatura y Humedad relativa), en el área de tejeduría
- Fijación de actividades para que el telar no tenga un paro retardado.

5 CAPÍTULO V: DISEÑO DE MEJORAS

En este capítulo se describe el diseño de nuevos controles de proceso, procedimientos y actividades que permitan mitigar las causas y factores que originan las problemáticas descritas en el trabajo de grado. Para eso es importante implementar la herramienta ¿Cómo?, ¿Cómo? partiendo de los factores y el análisis de sus causas, permitiendo plasmar las soluciones pertinentes.

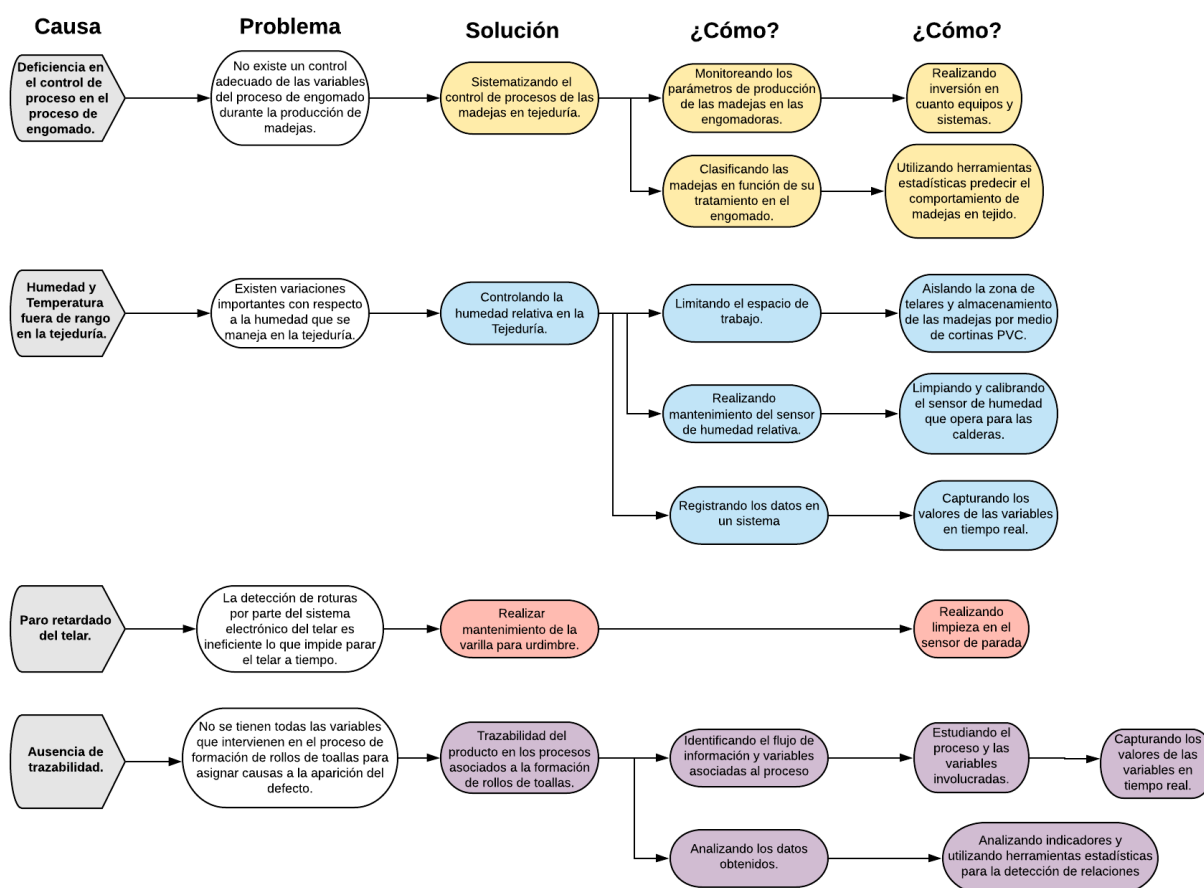


Figura 35 Diagrama ¿Cómo?, ¿Cómo?

Fuente: propia.

En la **Figura 35 Diagrama ¿Cómo?, ¿Cómo?**, Se muestra un diagrama que indica la ruta de las mejoras propuestas.

5.1 Sistematización para el control de procesos de las madejas en tejeduría.

Para poder contrarrestar las roturas de urdimbre al momento de tejer la toalla y a su vez disminuir el defecto “hilo roto” en los rollos de toallas, es necesario conocer en su totalidad,

el tratamiento que se le aplica al material en el proceso de engomado y el comportamiento que este producto presenta en la tejeduría. Realizando un control exhaustivo en los procesos mencionados anteriormente, se podrán mitigar las causas asociadas al material y medición que se exponen en el apartado Análisis de las causas de los factores que intervienen en la aparición del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas.

Es importante resaltar que se considera de suma importancia este apartado, ya que es la única evaluación que se le realiza a la madeja antes de transferirla a la etapa de tejido, en donde actualmente el rendimiento de la misma antes de posicionarla en el telar es una incógnita, problema que es necesario resolver para hacer uso inteligente de los recursos asociados a la fabricación de este vital insumo en la construcción de las toallas.

5.1.1 Monitoreo de los parámetros de producción de las madejas en las engomadoras.

Para el control de las variables asociadas a la producción de madejas en el proceso de engomado es necesario un sistema inteligente que realice las mediciones durante el proceso, para ello las variables que se deben de controlar en el proceso de engomado y poder predecir el comportamiento de las madejas en tejeduría son las siguientes:

- Porcentaje de estiraje en las fibras.
- Temperatura de los cilindros secadores.
- Presiones en la línea de vapor.
- Presión de los cilindros impregnadores y exprimidores.
- Humedad en la fibra.
- Porcentaje de sólidos disueltos y temperatura en la tina de encolado.
- Tensión del plegador.

Para el estudio de regresión logística no se pudo incluir las variables (estiraje y humedad en las fibras), que incrementarán el grado de precisión del algoritmo debido a que no se tenía el equipo necesario para medirlas, pero que son necesarias para el control del proceso cuando la máquina se encuentra en operaciones, dichas variables están vinculadas a la resistencia y elongación con la que llega el producto a tejeduría.

El funcionamiento del sistema propuesto se muestra en la **Figura 36: Funcionamiento del sistema de monitoreo de las engomadoras.**

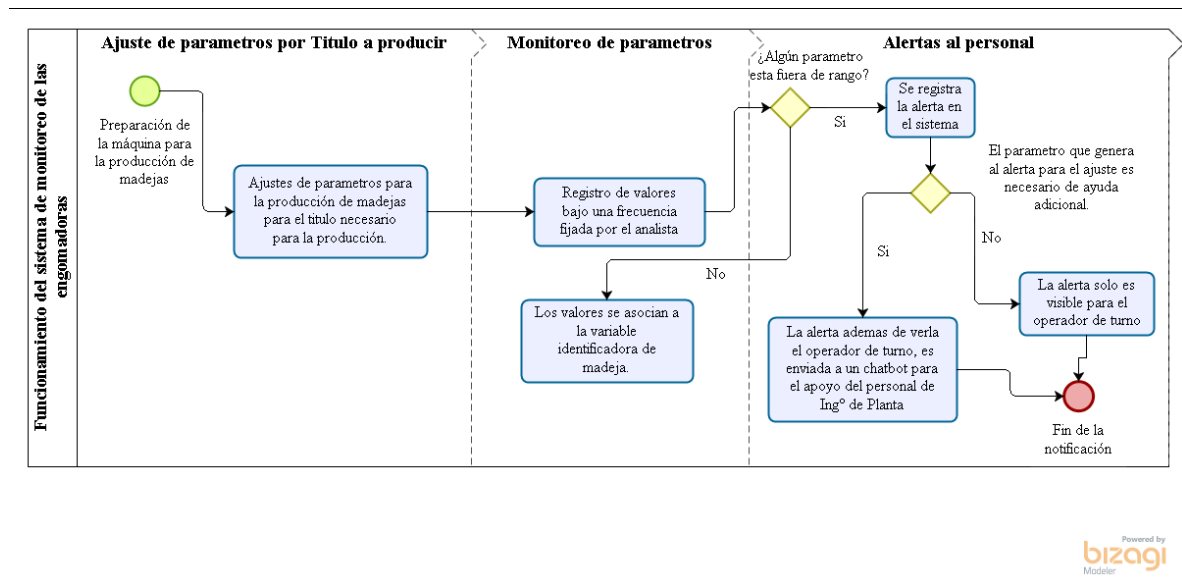


Figura 36: Funcionamiento del sistema de monitoreo de las engomadoras
Fuente: propia.

En la **Figura 36: Funcionamiento del sistema de monitoreo de las engomadoras**, el proceso de captura de datos y notificación de alertas, inicia con el trabajo del personal de engomadoras. Es necesario ajustar los parámetros en la máquina al momento de realizar una corrida de producción. Los parámetros que se tienen consolidados son los relacionados al título de hilo 16 de un solo cabo, los cuales servirán de rango de acción para el trabajo de las alertas del sistema. Una vez produciendo se toman registros de cada uno de los parámetros de producción con una frecuencia aleatoria, fijada por el analista, en donde al momento de realizar la consulta uno de los parámetros se encuentra fuera del rango estimado, se genera una alerta que se refleja en el sistema y dependiendo de la gravedad esta notificará a a las diferentes personas involucradas en el proceso.

Las alertas generadas por porcentaje de estiraje en las fibras son notificadas al operario de engomado y al personal de ingeniería de planta para brindar apoyo para el ajuste del mismo (se debe de llegar al valor de 1,5%). Adicionalmente se considera necesario capacitar al personal del área para que agregue a su experiencia el conocimiento del control de estiraje.

5.1.2 Clasificación de las madejas en función de su tratamiento en el engomado.

Luego de obtener los datos del proceso concentrados en la variable identificadora de producción de madejas, es posible realizar una predicción del comportamiento de la madeja en la tejeduría para ello, es necesario la creación de una aplicación que le indique al operador que realiza el cambio de madeja; cuál es la madeja que debe

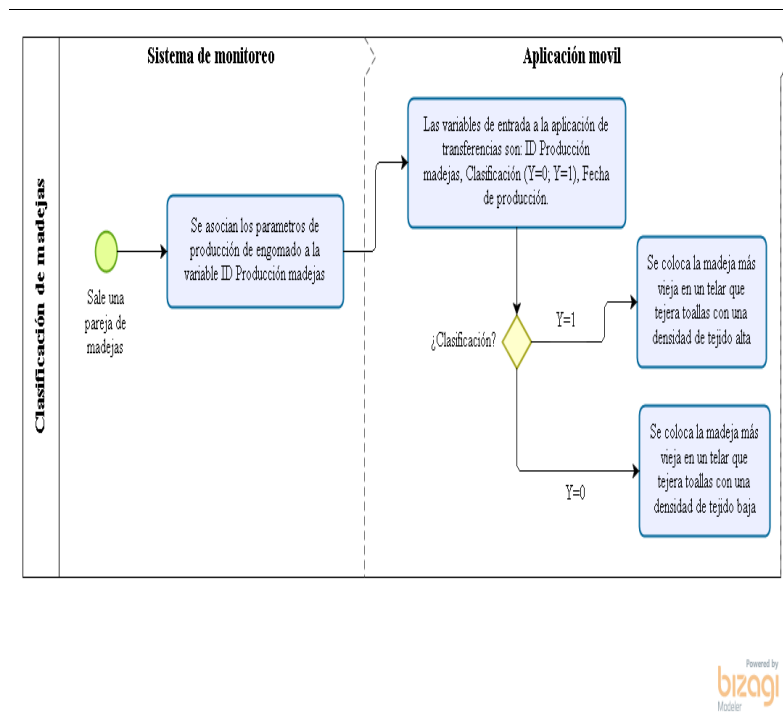


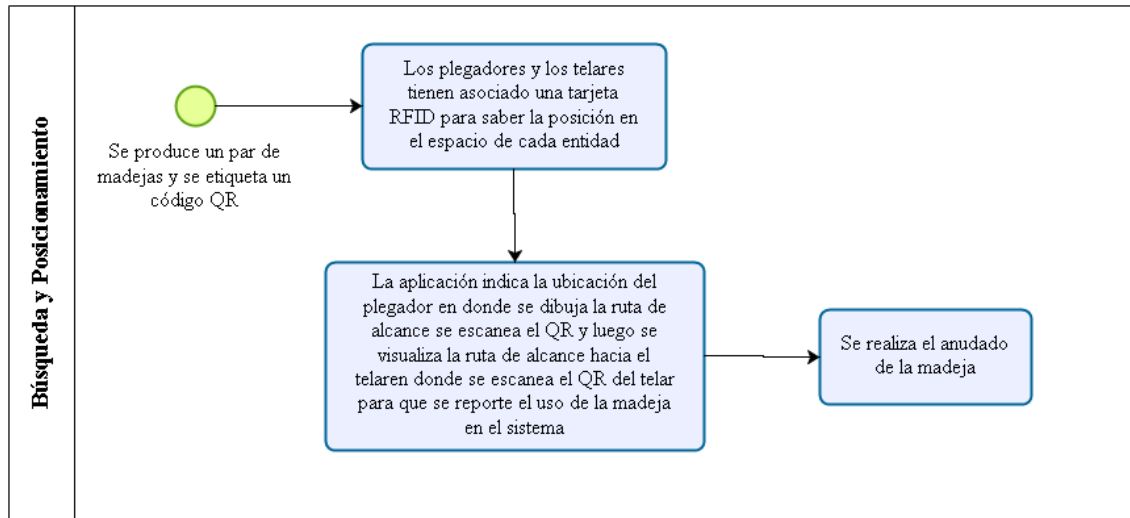
Figura 37: APP Clasificación de madejas

Fuente: propia

tomar para colocarla en el telar. Para exponer el proceso de clasificación se muestra la **Figura 40: APP Clasificación de madejas**.

Al generar una madeja los datos asociados a la producción de la misma son utilizados para predecir su comportamiento en la etapa de tejido y se consigue clasificarla y asignarla al producto a tejer.

Mientras que en el telar es necesario conocer cuál es la referencia que se está tejiendo actualmente conociendo la densidad de tejido asociada a la toalla que se teje, la aplicación es capaz de asignar que madeja se tiene que colocar en el telar, una madeja que sea clasificada en **Y=0**, es posible colocarla en un telar que produzca toallas de alta densidad porque el defecto de “hilo roto” es menor, por consiguiente existirán menos roturas, mientras que madejas que obtengan una clasificación de **Y=1** se colocaran en telares que produzcan toallas con una densidad de tejido baja.



Powered by
bizagi
Modeler

Figura 38: Proceso de Búsqueda y posicionamiento de las madejas
Fuente: propia.

En la **Figura 38: Proceso de Búsqueda y posicionamiento de las madejas**, se muestra que la madeja debe ser identificada con un código QR, donde se relacione la información de vinculación entre el entorno físico y la carga al sistema de control de procesos, además del QR asociado al material, cada plegador y telar deben de contar con una tarjeta RFID que contenga su ubicación en el espacio e indicar la ruta de alcance que debe de seguir el operador para tomar la madeja que asigna la aplicación, transportarla al telar y cargar en el sistema mediante un simple escaneo de 2 códigos QR (Madeja y telar), Posteriormente el personal de tejeduría realiza el anudado de la madeja en el telar. El flujo de información para esta mejora se puede visualizar en el **ANEXO F Sistematización para el control de procesos de las madejas en tejeduría**.

5.2 Control de temperatura y humedad relativa en la Tejeduría.

La humedad relativa y la temperatura son variables relacionadas e importantes para ser controladas en la tejeduría ya que, influyen en el comportamiento del hilo, es decir, si la humedad disminuye, rompe el hilo porque se seca y se debilita, si sucede lo contrario se humedece el hilo, aumenta su densidad, y también provoca mayores roturas debido al roce constante con las laminillas del telar.

5.2.1 Limitación del espacio.

Actualmente, el sistema de humidificación en el área de tejeduría está siendo subutilizado, esto se debe a que el aire humedecido por parte del sistema se disipa en el momento que entra a la tejeduría. Esto se debe a las fuentes de escape adyacentes, entre estas se encuentran la puerta del taller mecánico, el almacén de crudo y la puerta de engomado. Las dos primeras puertas el tiempo que permanecen abiertas es insignificante comparado con la puerta que conecta hacia engomado ya que esta permanece abierta el 100% del tiempo de producción, adicionalmente se dispone de un espacio sobrante de 80m².

Por lo anteriormente expuesto, se propone limitar el espacio colocando una cortina de PVC que permita reducir el área de tejeduría para aprovechar la humidificación en el sector en donde se concentran los telares y donde se presta el almacenamiento de las madejas, controlando así la humedad en el ambiente.

5.2.2 Mantenimiento del sensor de humedad relativa.

Es necesario configurar el rango de trabajo de humedad relativa en la tejeduría ($73\% < HR < 83\%$), para validar que la detección de la humedad actúe de manera correcta e inmediata. Seguidamente, se plantea la revisión periódica de los valores que arroja el controlador comparándolo con el psicrómetro, el cual se considera el método tradicional de conocer el contenido de agua en el ambiente, ya que partiendo del termómetro de bulbo húmedo y bulbo seco realizan un cálculo a partir de la diferencia de temperatura entre ambos equipos conociendo el valor de dicha variable sometida a estudio. Este método permitiría comprobar que el valor que arroja el controlador es correcto, de lo contrario es importante recurrir a calibrar el equipo.

El sensor de humedad relativa que se encuentra en el departamento de tejeduría está expuesto a un aire contaminado debido a que en el entorno hay presencia de partículas de algodón que se pueden adherir a las sondas que detectan la humedad originando que arroje lecturas erróneas. Es por eso que es necesario retirar el sensor de protección para limpiarlo. El proceso de limpieza consiste en desplazar un cepillo suave sobre el sensor para eliminar las partículas de suciedad. Es importante destacar que no se debe usar ningún tipo de concentración de alcohol o amoníaco.

Se propone que las actividades de limpieza del sensor y calibración del mismo se realicen quincenalmente debido al alto volumen de partículas de algodón que se mueven en el ambiente.

5.2.3 Registro de datos en el sistema de medición.

Actualmente, para controlar la humedad relativa se tiene un sistema automatizado en el cual intervienen dos sensores digitales de humedad relativa que permiten detectar la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el ambiente de la tejeduría, colocado cada uno en lugares estratégicos del área de producción. A su vez el sistema posee un transmisor que está conectado a un controlador “on/off” de humedad el cual arroja el valor que se tienen en ambos puntos de la tejeduría, si el mismo se encuentra fuera de los valores especificados se emite una señal cuyo objetivo es cerrar o permitir el paso del fluido hacia el exterior.

Todos estos valores que son arrojados por el sistema descrito se pierden, debido a que la recolección de datos es manual y la frecuencia de mediciones que realiza el operador es inferior a las que puede realizar el sistema, por consiguiente, no existe un control de las condiciones ambientales que se puedan presentar con respecto a los datos detectados en el tiempo. Por tal motivo se plantea la necesidad de incorporar un registrador de datos WiFi: Testo Saveris 2-H1, ver **Anexo G (Folleto del producto Testo Saveris 2-H1 - Registrador de datos WiFi con pantalla y sonda de temperatura y humedad integrada)**. Este dispositivo permite monitorear la humedad y la temperatura de una manera automatizada con un sensor integrado, acceder a los datos de medición, evaluarlos en cualquier momento a través de los dispositivos móviles y recibir alerta por correo electrónico cuando los valores se encuentren fuera del rango establecido además de gestionar los datos desde la nube.

5.3 Mantenimiento de la varilla para urdimbre

Mientras se está tejiendo una toalla y se produce una rotura en los diferentes tipos de urdimbre (felpa o fondo), esta debe de ser detectada y resuelta para evitar enredos entre los hilos e imperfecciones en las toallas, para ello en el telar se tiene una varilla que con un sensor integrado puede detectar cuando existe una rotura en el telar y mediante un circuito electrónico este es detenido y envía la información relacionada al urdimbre roto a un semáforo incrustado en el telar, de manera le resulte de ayuda al operador.

Debido a los altos niveles con los que se trabaja en la tejeduría el sensor está sujeto a perder su calibración, perdiendo funcionalidad y dejando pasar roturas que lógicamente no son posibles de corregir esto se debe a que el sensor se acumula de agua que condensa y perturba las lecturas que son tomadas a lo largo del tiempo. Actualmente la rutina de mantenimiento asociada a la limpieza y calibración del sensor se realiza cuando se aprecia cualitativamente un aumento en las roturas de urdimbre, para evitar llegar a situaciones extremas se propone realizar las actividades mencionadas anteriormente con una frecuencia de cada 2 meses, queda a disposición del equipo de mecánicos y el jefe de planta textil realizar la programación de esta actividad de manera que no afecte las metas de producción.

5.4 Trazabilidad del producto en los procesos asociados a la formación de rollos de toallas.

Para realizar seguimiento a los rollos de toallas y determinar su calidad, reconociendo las fallas en las diferentes etapas del proceso textil, resulta necesario la captura de datos en cada uno de los puntos en donde se genera información, los datos recolectados se les debe de aplicar un proceso de limpieza y transformación para crear modelos predictivos y analizarlos, con la finalidad de generar información valiosa para la mejora continua de los procesos.

5.4.1 Funcionalidad del sistema.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra un diagrama con el flujo de información que se encuentran en el proceso textil. En primer lugar, al generar los conos de hilos provienen de unas fibras previamente estiradas, los recipientes en donde se encuentra el producto están identificados con una etiqueta QR, que contiene el marcador para visualizar los datos asociados al producto realizado en el proceso de estiraje de la fibra en la etapa de manuales.

En el proceso de generación de conos de hilos, se registra una serie de variables asociadas al uso donde se está produciendo el cono de hilo, los registros de datos en tiempo real se asocian al cono producido de manera que se puedan generar alertas cuando un cono se encuentre fuera de parámetros y se prevea que no alcance la resistencia necesaria para el trabajo en las siguientes etapas. Para finalizar esta etapa del proceso se registran los datos asociados a las mediciones físicas del cono y se vinculan a un código QR de manera que sirva de consulta cada etiqueta para conocer el estado del cono.

Al finalizar el proceso de open-End, inician los procesos de urdido, engomado y tejido, estos generan cantidad de información desde sus etapas en tiempo real, hecho importante para asignar y verificar el comportamiento del producto generar modelos predictivos, capaces de clasificar si un material es apto para los tratamientos que se generan en el hilo en las siguientes etapas, al igual que en cada una de las tres etapas, se registra la información asociada a las características físicas del producto. En el **Anexo H Flujo de información en el proceso de formación de rollos de toallas**, mientras que, en el **Anexo I (Variables a ser capturadas en el sistema de trazabilidad de los rollos de toallas)**, se muestran las variables que se medirán en cada una de las etapas asociadas a la trazabilidad del producto.

5.4.2 Análisis de los datos obtenidos.

A continuación, se analizan los datos recolectados a través de indicadores y se realizan paneles e informes que permitirá determinar la variabilidad del proceso y si se encuentra bajo control o no.

Para realizar el análisis y seguimiento del defecto “hilo roto” y controlar los procesos asociados a la generación de este defecto en los rollos de toallas, se utiliza la herramienta “Power Bi”, ver **Anexo I (Visualización de reportes en Power BI)**, en esta herramienta es posible realizar paneles estratégicos en donde se muestren una serie de indicadores técnicos para realizar un vistazo rápido de la situación actual del negocio y en caso de profundizar en el análisis de las variables es posible ver un detalle las variables y como inciden los factores medibles asociados al proceso de formación de rollos de toallas.

- Indicadores panel estratégico para el seguimiento del defecto “hilo roto”.

$$\% \text{ toallas con "hilo roto"} = \frac{\text{Número de unidades con el defecto "hilo roto"}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

$$\% \text{ de Madejas clasificación (Y = 1)} = \frac{\text{Cantidad de madejas en stock (Y = 1)}}{\text{Cantidad de madejas en stock}}$$

$$\text{Roturas de felpa por tramas inser.} = \frac{\text{Roturas urdimbre de felpa (turno)}}{\text{Tramas insertadas en el turno}} * 10^4$$

$$\text{Roturas de fondo por tramas inser.} = \frac{\text{Roturas urdimbre de fondo (turno)}}{\text{Tramas insertadas en el turno}} * 10^4$$

$$\text{Roturas de trama por tramas inser.} = \frac{\text{Roturas de trama (turno)}}{\text{Tramas insertadas en el turno}} * 10^4$$

Adicionalmente se podrán incluir alertas a cada uno de estos los indicadores mencionados, de manera que sea de gran ayuda el control de los procesos, y visualizar en tiempo real las condiciones de humedad, control de los parámetros de engomado mencionados en la sección de Monitoreo de los parámetros de producción de las madejas en las engomadoras.

- Métricas informes estratégicos para el análisis del defecto “hilo roto”.
 1. Porcentaje toallas con “hilo roto”, con la jerarquía referencia y telar.
 2. Porcentaje de madejas clasificación (Y=1), con la jerarquía Titulo y máquina al momento de producción.
 3. Tiempo perdido sujeto a las roturas de hilo en el telar, con la jerarquía Telar y tejedor

$$\% \text{ de tiempo perdido por roturas} = \frac{\text{Tiempo muerto por roturas (turno)}}{\text{Tiempo total del turno}}$$

4. Humedad promedio del día.
5. Roturas por tramas insertadas, con la jerarquía Urdimbre, titulo, referencia, telar.
6. Índice de roturas en el proceso de engomado, con la jerarquía Titulo y máquina
7. Índice de roturas urdido con la leyenda de Titulo.

Estos reportes se generan automáticamente y estarán disponibles para su consulta diaria por parte del jefe de planta y gerente de producción, con la intención de promover ideas al resto del personal involucrado en búsqueda de mejoras en los procedimientos existentes en la planta textil.

5.5 Estimación costo beneficio.

De acuerdo a las acciones diseñadas que se plasmaron en el apartado anterior, es importante presentar los costos asociados y el beneficio que esperado con su aplicación en la compañía, entre las cuales genera una inversión relacionada a los siguientes aspectos:

- Sistematización para el control de procesos de las madejas en tejeduría.

Tabla 12 Costos sobre el diseño de mejora 5.1

Fuente: propia

Cantidad	Descripción	Precio U.	Total
2	Siemens LOGO! 12/24 RCE - 6ED1052-1MD08-0BA0	\$118,00	\$236,00
9	Siemens LOGO! 8 AM2 RTD - 6ED1055-1MD00-0BA2	\$91,00	\$819,00
6	Siemens LOGO! 8 DM8 24R - 6ED1055-1HB00-0BA2	\$63,00	\$378,00
4	Siemens LOGO! 8 DM16 24R - 6ED1055-1NB10-0BA2	\$100,00	\$400,00
4	Siemens LOGO! 8 AM 2 AQ - 6ED1055-1MM00-0BA2	\$106,00	\$424,00
4	Siemens LOGO! POWER 24V 2,5A - 6EP1332-1SH43	\$73,00	\$292,00
4	DC 12 / 24V Reductor de Velocidad de Torsión Encoder	\$21,00	\$84,00
3	Rollo de cable calibre 16 AWG	\$90,00	\$270,00
2	Cable THW 12AWG Negro x Rollo	\$150,00	\$300,00
1	Rollo de cable calibre 10 AWG	\$100,00	\$100,00
1000	Terminal De Punta Azul, Bf-p12, Cable 16-14 Awg	\$0,07	\$70,00
1000	Conector Terminal De 100 Nylon Anillo Azul 16-14 Ga Awg-4378	\$0,04	\$41,00
1	Móvil LG Q6 - Titán	\$145,00	\$145,00
100	Etiquetas RFID	\$0,70	\$70,00
2	Refractómetro para procesos iPR FR ²	\$11.722,00	\$23.444,00
		Total	\$27.073,00

Un punto importante que hay que destacar de esta mejora, es su beneficio, ya que permite la predicción del comportamiento de la madeja antes de consumirla y poder gestionar de manera eficaz el material, según el producto a producir. Otros de los beneficios que trae consigo la instalación del sistema de monitoreo en el proceso de engomado, es la garantía de los registros que ingresan a la base de datos porque estos no se someten a errores de transcripción o manipulación de los mismos, esto implica que es posible controlar eficientemente el proceso de fabricación de madejas en el área de preparación. Por otra parte es importante resaltar que en el proceso de captación de datos directamente de la máquina y que estos no sean modificados por un agente externo permitirá la realización de análisis más complejos, detectar si los desajustes de variables durante el proceso se deban a causas mecánicas, eléctricas o por naturaleza del proceso textil, a su vez, los desajustes generan alertas al móvil.

Es de vital importancia el aseguramiento de los datos para realizar la predicción del comportamiento del material en la etapa de tejido, puesto que como se comprobó en el apartado, Referencias sometidas a estudio, el defecto tiene mayor presencia en las toallas de baja densidad de tejido, por lo que al momento de la programación de tejeduría, si se construye una toalla de alta densidad y en el inventario de madejas se tiene una madeja cuyo grupo en la predicción ha sido defectuoso, se debe utilizar para crear ese tipo de toalla, realizando un uso inteligente del material, permitiendo reducir la cantidad de toallas que se producen de segunda y a su vez aumentando la rentabilidad de la empresa.

- Control de temperatura y humedad relativa en la Tejeduría.

Tabla 13 Costos sobre el diseño de mejoras 5.2

Fuente: propia

Cantidad	U. Medida	Descripción	Precio unitario	Total
2	UN	Sonda WiFi Saveris 2 H1 con dos canales internos para para medición de humedad-temperatura.	\$ 400,00	\$ 800,00
1	UN	Certificado de calibración	\$ 168,00	\$ 168,00
1	UN	Licencia Advanced Nube del sistema Saveris 2 por tres años	\$ 54,00	\$ 54,00
10,5	m	Cortina de PVC	\$ 34,24	\$ 359,52
Total				\$ 1.381,52

El costo asociado a este planteamiento será muy bajo en comparación al beneficio que va obtener el comportamiento del material en tejeduría, en la **Tabla 14 Mejoras y beneficios con el control de humedad en la tejeduría.**, Se muestra de manera breve los beneficios que se obtendrán si se implementan las mejoras.

Tabla 14 Mejoras y beneficios con el control de humedad en la tejeduría.

Fuente: Propia

Mejora	Beneficio
Reducción del área.	Control de humedad en el área de tejeduría y optimización del sistema de humidificación.
Mantenimiento del sensor de humedad.	Reducción en los tiempos de respuesta entre el sensor y el set point del sistema de humidificación, reduciendo la cantidad de roturas y a su vez aumentando la eficiencia de los telares.
Registradores de humedad y temperatura.	Rastreo de las condiciones ambientales (Temperatura y Humedad) en el proceso de tejido de toallas.

- Mantenimiento de la varilla para urdimbre.

Con respecto a la solución descrita asociada a mejorar el proceso de formación de rollos de toallas, al momento de generarse una rotura, el telar la detecta automáticamente y se detiene, se identifica la necesidad de realizar una actividad de mantenimiento preventivo, en la que es esencial invertir un tiempo prudente para limpiar el sensor de la varilla y sustraer el agua que se condensa en el sensor debido a los niveles de humedad propios del proceso de tejido. En tal sentido, más que un beneficio o ahorro económico se estima reducir el defecto, debido a que la rotura no es arrastrada produciendo un agujero mayor en la toalla, permitiendo corregir el defecto durante el proceso.

- Trazabilidad del producto en los procesos asociados a la formación de rollos de toallas.

Tabla 15 Costos sobre el diseño de mejoras 5.4

Fuente: propia

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Licencias Power BI	\$120,00	\$120,00
2	Sonda WiFi Saveris 2 H1	\$400,00	\$800,00
Total			\$920,00

A pesar de que se requiere de una inversión, es una propuesta útil para la detección de causas en las disconformidades y defectos que se generan en las toallas, también es útil para la gestión eficiente de producción.

Con esta mejora se podrá monitorear las variables que se encuentran relacionadas en el proceso de formación de rollos de toallas, permitiendo mostrar una vista atractiva de los datos, visualizar los parámetros fuera del estándar de producción y la combinación entre variables que impacten en una variable respuesta, brindando al usuario final una perspectiva lo suficientemente amplia para informar las actividades en tiempo real de la planta textil y tomar decisiones más rápidas y lo más eficientemente posible para la corrección de imperfecciones evitando el análisis post-mortem.

6 CAPÍTULO VI MODELO OPERATIVO

En el siguiente capítulo se presenta la ruta a seguir en una situación similar y de esta manera garantizar la reducción del defecto “hilo roto” en los rollos de toallas, a través de un diagrama top Down, el cual se convierte en una estructura valiosa para identificar la secuencia que se debe seguir para garantizar la entrega de rollos de toallas con un mínimo de defectos relacionados a las roturas de urdimbre.

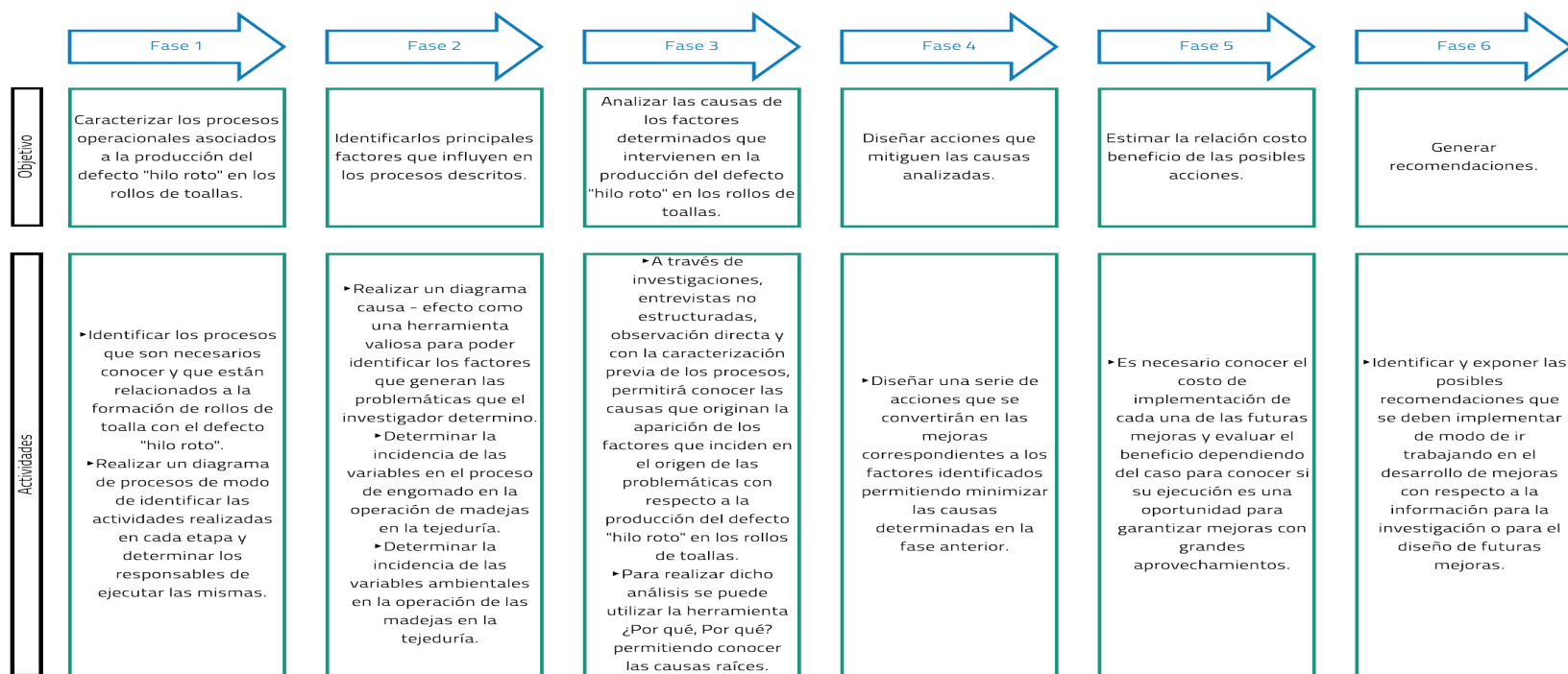


Figura 39 Modelo Operativo

Fuente: propia.

Cuando se tenga el conocimiento de la problemática y posea características similares a lo que se plantea en este trabajo de grado, entonces el diagrama presente se convierte en una guía para desarrollar soluciones a las dificultades que se tienen, relacionados a tener un producto con desperfectos relacionados a las roturas de hilo. Para expandir aún más la información presentada en la **Figura 39 Modelo Operativo**, se describen con más detalle las fases en el siguiente apartado:

Fase 1

En primer lugar, es de suma importancia conocer la problemática presente en los rollos de toallas, verificar si existe un incremento con respecto a las toallas que poseen el defecto contra el total de producción de la tejeduría, para este estudio el valor de referencia es 1,8 % de toallas defectuosas contra el total producido en la tejeduría, posteriormente se deben de identificar las variables que afectan a la producción de madejas en la etapa de engomado, de modo de poder identificar aguas arriba, los procesos asociados donde las fallas se puedan estar originando. Para eso es relevante caracterizar los mismos, con el propósito de identificar el proceso, actividades, responsables y los elementos necesarios para que esa etapa de la cadena de producción se realice, otorgándole al desarrollador un amplio conocimiento.

Fase 2

Una vez que se conoce el proceso, haciendo mayor énfasis en las áreas de producción con mayor responsabilidad en obtener un producto que cumpla con los requerimientos para el trabajo en la tejeduría, es necesario implementar herramientas de exploración con el propósito de identificar los factores que puedan estar influyendo en el origen de la problemática y convirtiéndose en elementos restrictivos para el cambio. Se debe de identificar la incidencia de las variables ambientales de la tejeduría con respecto a las roturas de urdimbre, analizar el conjunto de variables que afectan el comportamiento de la madeja en tejido y apuntar todos los factores que se tienen planeados para someter a estudio. Todos los elementos que se pueden identificar durante la investigación de campo no tienen el mismo grado de influencia y ocurrencia, es por eso que también se hace importante conocer aquellos factores con mayor predominio y en los que hay que hacer más hincapié.

Fase 3

Posteriormente, es necesario conocer las distintas causas que originan la aparición de dichos factores previamente identificados, los cuales serán de gran utilidad para dar las soluciones y recomendaciones adecuadas que disminuyan o eliminen la aparición del defecto. Esta actividad es necesaria ya que se puede conocer el motivo o la razón de la existencia de ese factor. Para lograr la misma, se pueden implementar diversas herramientas, como: diagrama ¿Por qué?, ¿Por qué?, la cual fue ejecutada en este trabajo de grado.

Fase 4

Al momento de conocer las causas que dan origen a la aparición de los factores y que influyen en las problemáticas, es importante diseñar todas las acciones posibles con respecto al control y mejora de procesos, la generación de puntos de control de calidad entre las diferentes etapas del proceso, el seguimiento y control de variables ambientales, que permitan mitigar todas las causas que han sido identificadas durante el desarrollo del estudio, tal que se pueda conseguir la meta, total de toallas producidas con el defecto “hilo roto” en la tejeduría, sea inferior al 1,8% de la producción de tejido.

Fase 5

Todas las acciones y actividades que se diseñen como mejoras para obtener un producto de calidad, deben pasar por una evaluación de costo beneficio (cuantitativo o cualitativo) que les permita a los interesados conocer la importancia de la inversión o implementación de dichas actividades ya que lograrían mitigar las causas y eliminar las problemáticas presentes en los procesos operacionales.

Fase 6

Por último, es importante destacar que durante el desarrollo del estudio se puedan generar diversas recomendaciones que permitan mejorar la investigación futura, o elementos importantes a considerar para mejorar la calidad de los rollos de toallas.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo del presente trabajo de grado, se presenta las conclusiones del trabajo fundamentados en los objetivos planteados, así como también una serie de recomendaciones que sirven para reducir el defecto “hilo roto” en los rollos de toallas que complementan al diseño planteado.

7.1 Conclusiones

Para presentar las conclusiones de la investigación y diseño planteado en el trabajo de grado se pueden mencionar la cobertura de los objetivos específicos y destacar elementos importantes durante su desarrollo:

7.1.1 Objetivo 1: Caracterización de los procesos de producción asociados a la formación de toallas con el defecto en los rollos de toallas.

Conclusión: Se caracterizaron los procesos asociados a la formación de rollos de toallas vinculados con la generación del defecto.

Desarrollo que los sustenta: En el desarrollo del CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, en los apartados (4.1 Vista previa del proceso de formación de rollos de toallas y 4.2 Caracterización de los procesos de producción) se presentan las operaciones que se realizan en la planta textil mediante un diagrama de operaciones de procesos y flujo de procesos respectivamente. Los puntos sometidos a análisis fueron los procesos asociados a la preparación del material y formación de rollos de toallas en la etapa de tejido.

7.1.2 Objetivo 2: Identificación de los factores que influyen en los procesos asociados a la formación de toallas con el defecto en los rollos de toallas.

Conclusión: Se identificaron los factores y las causas asociadas a la generación del defecto en los rollos de toallas.

Desarrollo que los sustenta: En el desarrollo del CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, en el apartado 4.3 Identificación de los factores que influyen en la producción del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas. Son señaladas las causas asociadas a la generación del defecto agrupadas por los factores (Material, medición,

maquinaria, métodos de trabajo, medio ambiente y mano de obra), la mayoría de las causas señalan que los problemas se centran en las etapas de engomado y tejido mientras que los factores que sobresalen con respecto a la problemática son los asociados a métodos de trabajo, material y las condiciones ambientales.

7.1.3 Objetivo 3: Análisis de las causas de los factores que intervienen en la generación del defecto en los rollos de toallas.

Conclusión: Se analizaron las causas asociadas a la generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas.

Desarrollo que lo sustenta: En el desarrollo del CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, en el apartado 4.4 Análisis de las causas de los factores que intervienen en la aparición del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas. Se analiza el por qué se padece la causa, mediante un diagrama ¿Por qué Por qué? Identificando de manera cualitativa por qué ocurre la causa, en el diagrama destaca:

- Las madejas no cumplen con los estándares de resistencia y elongación en el hilo, porque se desconocen las variables críticas del proceso.
- No se clasifica la madeja en función del material que se va a tejer porque no se tiene conocimiento de las herramientas estadísticas aplicables para la predicción del comportamiento de la madeja en la tejeduría.
- El comportamiento del material estará potenciado con el control eficiente de las variables ambientales (temperatura y humedad relativa en la tejeduría).
- El paro retardado del telar al momento de generarse una rotura afecta porque existe un arrastre en el material generando un orificio en la toalla, actualmente la gestión de mantenimiento es deficiente debido a que no se tienen procedimientos estandarizados de trabajo al igual que no se registran los cambios y controles que se hacen bajo una intervención mecánica en un telar.
- No se cuenta con una metodología para el consumo del material, los problemas salen a la luz cuando se empieza a consumir el material defectuoso, mientras que la producción nunca se detuvo, no existen alertas entre procesos, dando como consecuencia una falta de control entre las diferentes etapas de producción.

El análisis de estas causas tiene sustento estadístico y explicado por medio de diagramas la falta de trazabilidad y variables que se pierden a lo largo de la producción.

7.1.4 Objetivo 4: Formulación de acciones que mitiguen las causas analizadas.

Conclusión: Se diseñaron mejoras para la reducción del defecto en los rollos de toallas.

Desarrollo que lo sustenta: Para el diseño de mejoras se decidió en profundizar en todo el proceso de la formación de rollos de toallas, en otorgar soluciones y controles de proceso a lo largo de la producción y mejoras en las condiciones ambientales del área de tejeduría. Todas estas acciones van enfocadas en los factores con mayor prioridad y apoyadas en un diagrama ¿Cómo?, ¿Cómo?

7.1.5 Objetivo 5 Valoración de la relación costo beneficio.

Conclusión: Se estimaron los costos relacionados al planteamiento de las mejoras y se evaluó el beneficio cualitativo que trae al implementarla.

Desarrollo que lo sustenta: Se estimaron los costos que generan la implementación del diseño de mejoras planteado y a su vez el beneficio cualitativo que la empresa recibe para la producción de rollos de toallas con la menor cantidad de toallas con el defecto “hilo roto”. (No se logró profundizar en el beneficio cuantitativo que la empresa obtendría ya que los costos no fueron proporcionados).

7.1.6 Conclusión general

Para la reducción del defecto "hilo roto" se deben de tomar acciones correctivas a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas, para reducir el porcentaje de segunda que se asocia a este defecto (10% de las toallas fabricadas en el 2018, fueron afectadas, cuando la meta es que el defecto afecte menos del 1,8% del total de producción en tejido), la implementación de controles y el análisis de los datos que arroja el proceso son acciones importantes que se deben de tener al producir cualquier tipo de producto a lo largo de las diferentes etapas de la planta textil. Es necesario involucrar más al personal con su trabajo, capacitarlo para la supervisión de los controles que se proponen en este trabajo de grado, tomar decisiones con base a las alertas generadas a través del proceso e implementar reportes predictivos con el fin de interceptar algún problema antes de generar toda una producción con calidad deficiente para lograr el objetivo de producir toallas con un 100% de calidad.

Una vez señalado la cobertura que se tuvo en los objetivos planteados, también es importante mencionar los siguientes hallazgos:

- Durante la caracterización y análisis de las variables índices de rotura para urdido y engomado durante el período de investigación resulta muy complicado encontrar el origen de las posibles variaciones de aquellas planillas, debido a que se dificulta rastrear las condiciones de producción en el proceso de hilatura, evitando obtener una trazabilidad garantizada y encontrar patrones sistemáticos.
- El porcentaje de sólidos en el hilo durante el proceso de engomado es una variable crítica en el control de procesos, tras la investigación realizada se hallaron casos en donde esta variable se encontraba fuera del estándar de trabajo y rastreando los resultados en crudo se observó una reducción del defecto, al aumentar el porcentaje de sólidos en el hilo este obtiene mayor resistencia, lo que se traduce en menos roturas, siempre y cuando la pérdida de elongación este en el rango permisible, por lo que es necesario tener en consideración ambas variables al momento de aumentar los sólidos en el material.
- Los tipos de toallas con mayor probabilidad de generación del defecto “hilo roto” son las toallas de menor densidad y que a su vez estas corresponden a las toallas más económicas.
- Las RPM a las que trabaja un telar juegan un papel importante con respecto a las roturas de urdimbre, puesto que, a mayores revoluciones por minutos, se manejan mayores esfuerzos en el hilo en el tejido, lo cual implica una mayor probabilidad de roturas.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio en el proceso de engomado con respecto a la cocción de goma, evaluando muestras de madejas en donde el material engomado sea solo producto importado, mezcla 75% importado y 25% nacional y la mezcla actual de producto engomado a proporción 50/50 de ambos productos, esto con la finalidad de detectar si los productos pueden trabajar en conjunto y determinar cuál producto engomado beneficia en términos de calidad y costos, al tipo de producto textil que se tenga programado para producir.

- Para el control de procesos en el área de preparación se debe de realizar un ajuste de temperatura en los cilindros secadores, para no debilitar la fibra textil ocasionando un desgaste adicional en el hilo, para ello el ajuste debe de ser en función de la humedad en los hilos que se consolidan en el plegador según Claver (2000) “El contenido de humedad de varias clases de fibras depende de la higroscopicidad del material fibroso, de la humedad del aire y de la temperatura. A una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 65 % el contenido de humedad del algodón es de 8,5%” (p.30). En tal sentido, es necesario ajustar los set points de los cilindros de secado y lograr los resultados esperados, puesto que urdimbres muy secas dan lugar a películas quebradizas, lo cual se traduce en más roturas en las operaciones de tejido.
- Para contrarrestar las malformaciones en la fibra durante el proceso Open – End, se recomienda realizar mantenimiento preventivo en los empalmadores de las máquinas Autocoro a la vez que se deben de limpiar con cierta frecuencia.
- Actualmente el análisis de estado de las madejas en la tejeduría es un indicador que no refleja la realidad sobre el comportamiento de la madeja en las operaciones que se aplican en la etapa de tejido, por consiguiente se recomienda cambiar el indicador empírico que se tiene de conteo de los hilos por fuera de la madera del telar y enfocarse en las medidas que brinda el telar, en donde es posible asociar la cantidad de roturas por urdimbre por intervalo de horas de producción para cada madeja sometida al análisis y clasificar si su comportamiento fue el esperado.

8 Bibliografía

- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme.
- César Camisón, S. C. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- Claver, G. S. (2000). *Teoría y Práctica del Engomado Textil*. Amtex.
- Febrero Bande, M., Galeano San Miguel, P., González Díaz, J., & Pateiro López, B. (2007). *Estadística Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas*. Santiago de Compostela.
- Fernandez, A. (2017). *Métodos no parametricos*. Caracas.
- Gutiérrez, P. H., & De la Vara, S. R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México, D.F.: McGrawHill.
- Hair, J. J. (2007). *Análisis multivariante*. Madrid: Pearson.
- Hosmer, D., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. (2013). *Applied Logistic Regression*. New Jersey: Jhon Willey & Sons, Inc.
- Lockuán, L. F. (2012). *La industria textil y su control de calidad I. Preliminares*.
- Lockuán, L. F. (2012). *La industria textil y su control de calidad III. Hilandería*.
- Lockuán, L. F. (2012). *La industria textil y su control de calidad IV Tejeduría*.
- Martínez, W. (2003). *Aspectos básicos que se debén conocer sobre el encolado*. Caracas.
- Montgomery, D. C. (1999). *Probabilidad y estadística para ingeniería*. Mexico: Ceca.
- Niebel, B. W. (2008). *Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico D.F.: Alfaomega.
- Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Caracas.
- Seydel, P. V. (1979). *Encolado de urdimbre textil*. Greenville: Americ'as Textiles.
- Summers, D. C. (2006). *Administración de la calidad*. Mexico: Pearson.

Urdaneta, M. G. (Octubre de 2018). DISEÑO DE MEJORAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO EN UNA EMPRESA TEXTILERA UBICADA EN CARACAS, VENEZUELA. Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Naucalpan de Juárez: PEARSON.