

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

Samuel. A Bolívar Wilhelm¹
sabw14@gmail.com

¹ Ingeniería Industrial. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

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.

DESIGN OF IMPROVEMENTS FOR THE REDUCTION OF THE DEFINITION "BROKEN THREAD" IN THE ROLLS OF TOWELS IN A TEXTILE COMPANY LOCATED IN CARACAS, VENEZUELA.

Abstract: The present study was developed to design improvements in the control of the processes related to the formation of towel rolls for the reduction of the “broken thread” defect in the towel rolls in the textile company CA Telares de Palo Grande, located in Caricuao parish. For its development it was necessary to characterize the production processes associated with the formation of towel rolls and in this way identify the main factors that influence the problem that the company has with respect to the generation of the defect. Next, the causes of the determined factors associated to the production process that directly influence the quality of the towel rolls were analyzed and in this way to be able to design improvements that mitigate the exposed causes. Finally, the costs associated with the application of the proposed improvements were estimated, considering the qualitative benefit that the company would receive when implementing them. Achieving, the generation of new controls in the characterized processes that contribute to the reduction of the defect in the rolls of towels.

Keywords: quality, control, statistics, processes, warp breaks.

I. INTRODUCCIÓN

En las operaciones de fabricación de una empresa textil, es frecuente que el cumplimiento de la

demanda de rollos de toallas para el desarrollo del proceso de teñido, en calidad (porcentaje de toallas producidas inferior al 1,8% del total de producción en tejido), se vea influenciada por factores asignables a la variabilidad de los procesos de producción. Algunos factores asignables al incumplimiento de calidad para el defecto “hilo roto” en los rollos de toallas son:

- Madejas que no cumplen con el mínimo de resistencia y elongación para el trabajo de tejido.
- El consumo de madejas no es inteligente, no se administra por el tipo de telar, condiciones de preparación, disciplina de cola FIFO, o características físicas según la línea de producto a producir.
- Falta de un indicador para la clasificación de las madejas en la etapa de tejido.
- Humedad fuera de control en la etapa de tejido.
- Ausencia de trazabilidad con respecto a las variables de operaciones, en los procesos de producción, asociados a la formación de rollos de toallas.

Algunas consecuencias son: la sobreproducción en la etapa de tejido para cumplir con la demanda requerida por la tintorería, operación por debajo de la capacidad del proceso productivo, costos adicionales por reclasificación del producto, retrabajos, demoras imprevistas debido a la sobreproducción que se realiza por las unidades defectuosas generadas en la etapa de tejido, debido a las roturas de urdimbre.

La situación descrita anteriormente es la encontrada en una empresa venezolana, para la cual se realizó este estudio. Esta empresa se encarga de la producción de productos textiles, cuyo producto foco entre procesos de este estudio son los rollos de toallas.

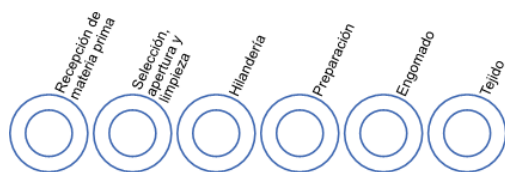


Figura 1 Procesos productivos asociados a la formación de rollos de toallas
Fuente: propia

Los rollos de toallas están formados por secciones en las cuales se prepara el material para finalmente tejer las toallas, en la Figura 1 Procesos productivos

asociados a la formación de rollos de toallas, se muestran los procesos asociados a la formación de rollos de toallas.

- Recepción de materia prima: el material es recibido y se procede a realizarle pruebas en el laboratorio para analizar la fibra de algodón.
- **En la sección de selección, apertura y limpieza se realizan las siguientes operaciones:**
 - Análisis de las fibras de algodón de cada 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.
- En hilandería se realizan el conjunto de operaciones mecánicas necesarias para transformar las fibras que se encuentran desordenadas, enmarañadas y llenas de impurezas en hilos.
- **Las actividades en la etapa de preparación son:**
 - Distribución de conos de hilo según su título.
 - Fabricación de anteplegadores.
 - Fabricación de hilos para cenefa.
- **Mientras que las actividades en la etapa de engomado son:**
 - Elaboración de 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.
- **Finalmente en la etapa del tejido se realizan las siguientes operaciones:**
 - Montaje de las madejas 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.

Figura 4 Diagrama causa efecto generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas

Para analizar las causas que se exponen en la Figura 4 Diagrama causa efecto generación del defecto "hilo roto" en los rollos de toallas, se utilizan herramientas estadísticas y la presentación de diagramas que exponen las causas raíces de la problemática. La ejecución de estos análisis sigue la siguiente lógica:

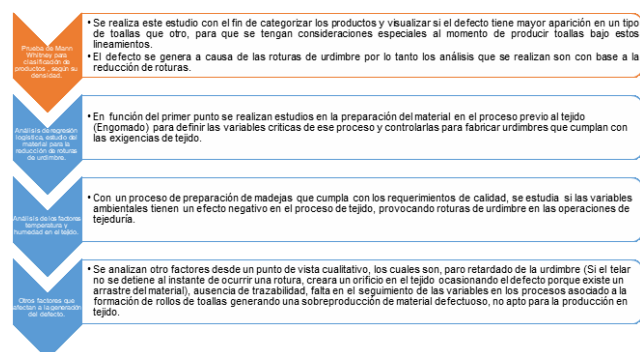


Figura 5 Agenda de los análisis a ejecutar
Fuente: propia

PRUEBA DE MANN WHITNEY, PRODUCTOS CLASIFICADOS POR DENSIDAD DE TEJIDO

Para iniciar el estudio de los datos recolectados, se selecciona una muestra aleatoria de los lotes producidos y se calcula la métrica total de toallas con el defecto "hilo roto" del lote de producción. Para identificar si existe diferencia entre las medianas el subconjunto de toallas de alta densidad contra las toallas de baja densidad.

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

Figura 6 Referencias sometidas a estudio
Fuente: propia

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

Para las referencias sometidas a estudio, se calculó el tamaño de muestra asociado a la estimación de la media. Los resultados asociados a esta afirmación se visualizan en la Figura 7 Resultados muestreo aleatorio simple sobre los lotes de toallas de los productos de alta y baja densidad de tejido

Para la muestra seleccionada se aplica la prueba de Mann Whitney, para ello se contrastó la siguiente hipótesis:

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

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

La hipótesis nula consiste en probar si estadísticamente la mediana poblacional de la métrica de estudio, para las toallas que se tejen con una baja densidad de tejido es inferior o igual a las que se tejen con una alta densidad de tejido. La hipótesis alterna trata de demostrar lo contrario.

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 8 Salida Minitab, prueba Mann Whitney
Fuente: propia

Para la muestra seleccionada el p-valor obtenido en la prueba de Mann Whitney es de 0,034; en la Figura 8 Salida Minitab, prueba Mann Whitney, 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.

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE MADEJAS

El defecto de "hilo roto", se encuentra relacionado con las roturas del material en el proceso de tejido, para ello es 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 acarrea 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.

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.	[% BRIX]
16	Revoluciones por minutos del telar.	[rpm]

Figura 9 Variables explicativas del modelo máquina WP1

Fuente: propia

Las variables explicativas asociadas a este análisis para la máquina WP1, se describen en la Figura 9 Variables explicativas del modelo máquina WP1, el título a estudiar es 16-1, el cual se utiliza para la formación de madejas de felpa, el cual es el material que representa la mayor producción de engomado.

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

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

Donde:

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

p: 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.

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

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

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

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 expresados en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

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. Por otra parte 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.

Pruebas de Hosmer y Lemeshow			
Escalón	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	1.638	8	0.99

Tabla de clasificación (a)	Pronosticado		
	Var. Respuesta	Corrección de	
	0	1	porcentaje
Var. Respuesta	0	28	90.3
	1	4	77.8
	Porcentaje global		85.7

(a) El valor de corte es .500

Lejanía modelo	22.042
----------------	--------

Variables en la ecuación						
Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
C1	-0.337	0.395	0.728	1	0.394	0.714
C7	-1.492	1.017	2.155	1	0.142	0.225
Sólidos	-8.887	5.796	2.35	1	0.125	0
Temperatura Tina	2.224	1.479	2.361	1	0.133	9.263
C2	-2.016	1.342	2.256	1	0.133	0.133
Exprimido Tina	-0.989	0.647	1.888	1	0.169	0.411
Presión Rodillo	-2.846	1.987	2.051	1	0.152	17.215
RPM	0.853	0.539	2.505	1	0.113	2.347
In. Rotura Engomado	0.42	0.796	0.279	1	0.598	1.522
In. Rotura Urdido	32.656	27.89	1.367	1	0.242	1.522E+
Tensión Plegador	6.046	4.39	1.896	1	0.168	422.28
Principal	0.984	0.812	1.469	1	0.226	2.675
C3	0.165	0.31	0.283	1	0.595	1.179
C4	-0.058	0.199	0.09	1	0.764	0.944
C5	-0.485	0.434	1.249	1	0.264	0.616
C6	0.329	0.36	1.592	1	0.207	1.389
Constante	-262.105	164.133	2.359	1	0.125	0

Figura 10 Salida SPSS todas las variables, título 16-1, máquina WP1
Fuente: propia

Para determinar las variables críticas en la fabricación de las madejas, resulta necesario estudiar la lejanía al ir incrementando variables al modelo, los resultados se muestran en la Figura 11 Análisis de lejanías en el modelo de regresión Los resultados indican que el número mínimo de

ID Variables.	Var. Modelo reducido	Lejanía del modelo	Var. Modelo inicial	GL	Incremento	Pvalor	a	Decisión
C1	1	55.657	16	15	33,615	0.004	5%	Es Sig.
C1, Sólidos	2	50.149	16	14	28,107	0.014	5%	Es Sig.
C1, Sólidos, C7	3	46.801	16	13	24,759	0.025	5%	Es Sig.
C1, Sólidos, C7, Temperatura tina	4	41.408	16	12	19,366	0.080	5%	No es Sig
C1, Sólidos, C7, Temperatura tina; C2	5	39.605	16	11	17,563	0.092	5%	No es Sig
C1, Sólidos, C7, Temperatura tina; C2; Presión exprimido de tina	6	37.232	16	10	15,190	0.125	5%	No es Sig
C1, Sólidos, C7, Temperatura tina; C2; Presión exprimido de tina; Presión rodillo	7	33.906	16	9	11,864	0.221	5%	No es Sig
C1, Sólidos, C7, Temperatura tina; C2; Presión exprimido de tina; Presión rodillo, RPM	8	31.889	16	8	9,847	0.276	5%	No es Sig

Figura 11 Análisis de lejanías en el modelo de regresión
Fuente: propia

variables que describen el comportamiento de la madeja en la tejeduría es de 4 variables (Sólidos,

temperatura de la tina de encolado y las temperaturas de los cilindros secadores 1 y 7). Los resultados del nuevo modelo se presentan en la Figura 12 Salida SPSS variables modelo propuesto, título 16-1, máquina WP1

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Escalón	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	3,594	8	0,892

Variables de la ecuación						
Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
C1	0,007	0,155	0,002	1	0,966	1,007
C7	-0,536	0,242	4,924	1	0,026	0,585
Sólidos	-2,496	1,501	2,493	1	0,114	0,082
Temperatura Tina	0,581	0,237	6,019	1	0,014	1,788
C2	-0,52	0,211	6,087	1	0,014	0,594
Exprimido Tina	-0,114	0,06	3,599	1	0,058	0,889
Presión Rodillo	0,694	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

Tabla de clasificación (a)		Pronosticado		
		Var. Respuesta	Corrección de	
Var. Respuesta		0	1	porcentaje
		0	1	porcentaje
0	27	4	87,1	
1	4	14	77,8	
Porcentaje global				89,7

(a) El valor de corte es,500

Figura 12 Salida SPSS variables modelo propuesto, título 16-1, máquina WP1
Fuente: propia

Los valores de referencia para las variables de engomado para la obtención de buenos resultados se muestran en la Figura 13 Histogramas por grupos de clasificación binaria, para las variables de regresión, máquina WP1

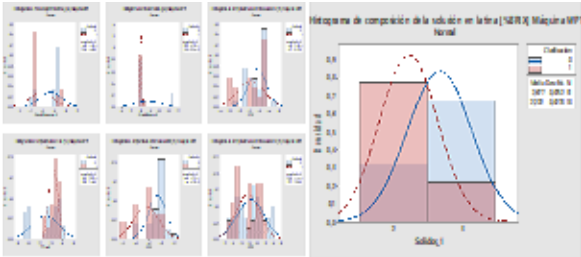


Figura 13 Histogramas por grupos de clasificación binaria, para las variables de regresión, máquina WP1
Fuente: propia

Variables a controlar en la engomadora WP1	
Variable	Valor de referencia
Composición de la solución [% 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

Figura 14 Tabla de parámetros de engomado, título 16-1, máquina WP1
Fuente: propia

En la Figura 14 Tabla de parámetros de engomado, título 16-1, máquina WP1, se muestra los valores de referencia en donde deben de trabajar la máquina WP1, para minimizar las roturas de urdimbre.

Este análisis también se realizó para la máquina 2 (WP2), Las variables explicativas asociadas a este análisis, se describen en la Figura 15 Variables explicativas del modelo, máquina WP2

En el caso del modelo que contempla todas las

ID	Variables a estudiar	Unidad de medida
1	Roturas por millón de metros en el proceso de urdido	[Roturas/m]
2	Roturas por millón de metros en el proceso de engomado	[Roturas/m]
3	Tensión Plegador	[psi]
4	Presión Rodillo	[psi]
5	Temperatura tina durante el engomado	[°C]
6	Presión Secador	[psi]
7	Presión Cubeta	[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	Sólidos disueltos en la tina	[% BRIX]
15	Revoluciones por minutos del telar	[rpm]

Figura 15 Variables explicativas del modelo, máquina WP2
Fuente: propia

variables, las críticas del proceso son 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 Figura 16 Salida SPSS todas las variables, título 16-1, máquina WP2

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Escalón	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	4,851	8	0,778

Variables de la ecuación						
Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
In. Urdido	-2,516	15,731	0,024	1	0,885	0,08
In. Engomado	-20,141	95,05	0,045	1	0,832	59,871145
T. Plegador	0,392	0,346	1,281	1	0,258	1,479
P. Rodillo	0,064	0,12	0,283	1	0,595	1,065
T. Tina	-0,103	0,176	0,337	1	0,567	0,904
P. Secador	-0,316	0,26	1,477	1	0,224	0,729
P. Cubeta	-0,176	0,341	0,264	1	0,607	0,839
C1	0,659	0,664	0,987	1	0,321	1,934
C2	0,889	0,829	1,138	1	0,286	2,422
C3	-9,902	1,074	87,056	1	0,001	0,406
C4	-0,227	0,302	0,561	1	0,454	0,797
C5	0,228	0,182	1,569	1	0,21	1,257
C6	-0,202	0,182	1,227	1	0,268	0,817
Sólidos	-0,083	1,045	0,006	1	0,936	0,92
RPM	0,055	0,056	0,969	1	0,325	1,056
Constante	-63,998	69,886	1,445	1	0,229	0

Tabla de clasificación (a)		Pronosticado		
Var. Respuesta		Var. Respuesta	Corrección de	
		0	1	porcentaje
0	31	4	88,6	
1	5	10	68,7	
Porcentaje global				82

(a) El valor de corte es,500

Legenda modelo: 38,624

Figura 16 Salida SPSS todas las variables, título 16-1, máquina WP2
Fuente: propia

Sin embargo al evaluar el rendimiento del modelo contraste de la variable respuesta contra el valor pronosticado se obtuvo un rendimiento del 82%, por lo tanto se toma la decisión de disminuir el número

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Escalón	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	6,449	8	0,597

Variables de la ecuación						
Variables	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Tensión del Plegador	0,473	0,259	3,327	1	0,068	1,604
% de sólidos disueltos en tina	1,065	0,487	4,777	1	0,029	2,9
Temperatura de Tina	0,071	0,059	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

Tabla de clasificación (a)		Pronosticado		
Var. Respuesta		Var. Respuesta	Corrección de	
		0	1	porcentaje
0	31	4	88,6	
1	5	10	68,7	
Porcentaje global				82

(a) El valor de corte es,500

Figura 17 Salida SPSS variables modelo propuesto, título 16-1, máquina WP2
Fuente: propia

de variables del modelo sin minimizar el rendimiento del modelo. Los resultados del modelo se aprecian en la Figura 17 Salida SPSS variables modelo propuesto, título 16-1, máquina WP2

Los valores de referencia en donde se deben de encontrar las variables de engomado para la obtención de buenos resultados se muestran en la Figura 19 Tabla de parámetros de engomado, título 16-1, máquina WP2.

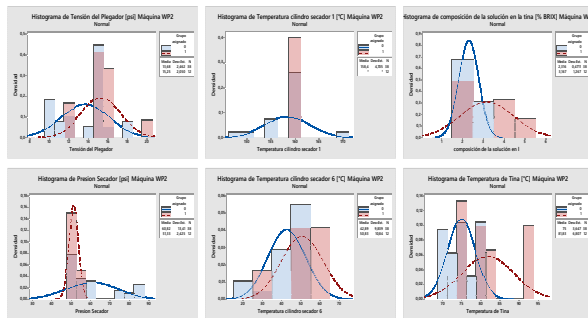


Figura 18 Histogramas por grupos de clasificación binaria, para las variables de regresión, máquina WP2.
Fuente: propia

De igual manera en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra los valores de referencia en donde deben de trabajar la máquina WP2, para minimizar las roturas de urdimbre.

Variables a controlar en la engomadora WP2	
Variable	Valor de referencia
Composición de la solución [% BRIS] (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 rodillo [psi]	50 psi

Figura 19 Tabla de parámetros de engomado, título 16-1, máquina WP2.
Fuente: propia

INCIDENCIAS DE LOS FACTORES TEMPERATURA Y % 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. = (Roturas de urdimbre / Tramas insertadas) * 1000 por hora de producción

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.

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 20 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.

Grupo	Criterio	Val. Humedad	Val. Temperatura
1	Minimo <= X < Q1	68% < HR < 72%	17°C < T < 22°C
2	Q1 <= X < Q3	73% < HR < 83%	23°C < T < 25°C
3	Q3 <= X < Maximo	84% < HR < 87%	26°C < T < 29°C

Figura 20 Clasificación de los factores Temperatura y Humedad relativa.
Fuente: propia

En la Figura 21 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%). Para este diseño de experimentos, es donde se aprecia el punto mínimo de la variable respuesta, sin embargo para todos los casos analizados los mejores resultados se aprecian

Análisis de varianza de un factor				
73-83-83				
RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
13-1-22	49	34.4331	0.7029	0.0985
26-1-22	49	36.5797	0.7465	0.0121
26-1-23	49	42.8804	0.8771	0.0225
ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Origen de las variaciones				
Entre grupos	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
	3.3463	2	1.6732	67.523
Dentro de los grupos	3.5881	146	0.0246	0.0000
Total	6.9344	148		

Figura 21 Análisis grupo de temperaturas a humedad relativa fija entre 73% y 83%
Fuente: propia

cuando el rango de temperaturas se encuentra entre 17°C y 22 °C.

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%, el total de roturas en las operaciones de tejido por hora es igual a 12, en la

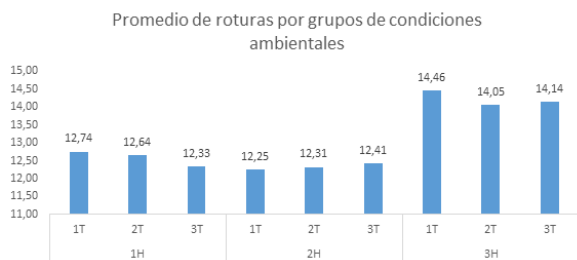


Figura 22 Promedio de roturas por grupos de condiciones ambientales.
Fuente: propia

Figura 22 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 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.

IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION DEL DEFECTO “HILO ROTO” EN LOS ROLLOS DE TOALLAS

Para la identificación de otras causas que influyen en la problemática se realiza un diagrama que evidencia la pérdida de trazabilidad en el producto.

Entre las diferentes etapas del proceso, actualmente 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 23 Pérdida de datos a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas

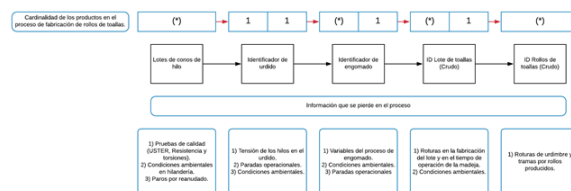


Figura 23 Pérdida de datos a lo largo del proceso de formación de rollos de toallas
Fuente: propia

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.

PONDERACIÓN Y ANÁLISIS DE CAUSAS CRÍTICAS

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.

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

Figura 24 Matriz de priorización para ponderación de causas.

Fuente: propia

En la Figura 24 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.

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.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado 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 apartado anterior.

En la Figura 25 Diagrama ¿Cómo Cómo? Se muestran las causas raíces, asociadas a los problemas expuestos, de forma sencilla se ve el planteamiento de las mejoras propuestas para la disminución del defecto.

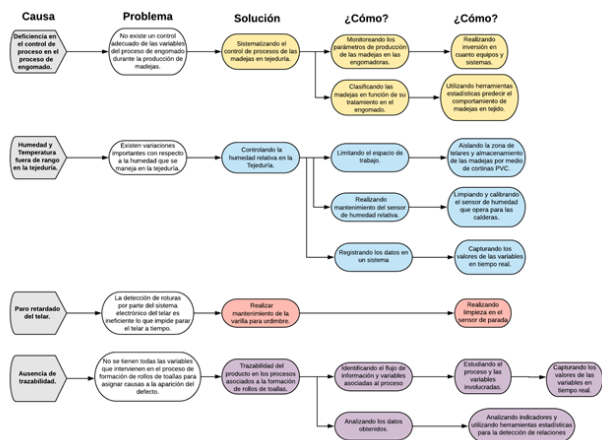


Figura 25 Diagrama ¿Cómo Cómo?
Fuente: propia

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 VARIABLES DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE MADEJAS, para las causas relacionadas con el tratamiento del material.

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.

Las fases para la implementación de esta mejora son:

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:

- % 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 pegador.

El funcionamiento del sistema propuesto se muestra en la Figura 26 Funcionamiento del sistema de monitoreo de las engomadoras

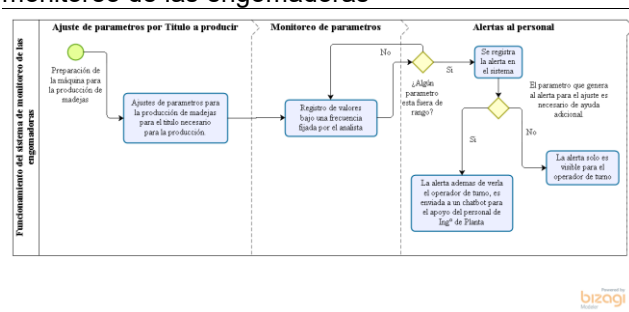


Figura 26 Funcionamiento del sistema de monitoreo de las engomadoras
Fuente: propia

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 le notificara a diferentes personas involucradas en el proceso.

Una vez teniendo 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 cual es la madeja que debe tomar para colocarla en el telar.

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

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.

Cada 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 la Figura 27 Sistematización para el control de procesos de las madejas en tejeduría.

CONTROL DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN LA SALA DE TEJEDURIA.

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.

Según el estudio de la sección INCIDENCIAS DE LOS FACTORES TEMPERATURA Y % DE HUMEDAD RELATIVA EN EL AMBIENTE CON RESPECTO A LAS ROTURAS DE URDIMBRE, es necesario controlar la humedad y la temperatura en la tejeduría. Actualmente se cuenta con un sistema de humidificación que está siendo subutilizado, esto se debe a que el aire humedecido por parte del sistema se disipa en lo que este entra a la sala de tejeduría. Esto se debe a las fuentes de escape adyacentes a la tejeduría, entre estas figuran la puerta del taller mecánico, el almacén de crudo y la puerta del área 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, en adición a ello 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.

Por otra, es necesario configurar el rango de trabajo de humedad relativa en la tejeduría ($73\% < HR < 83\%$) y de temperatura entre ($17^{\circ}\text{C} < T < 22^{\circ}\text{C}$), para validar que la detección de la humedad actúe de manera correcta e inmediata, se proponen las actividades de mantenimiento para la limpieza del sensor de humedad y calibración del mismo, se realicen quincenalmente debido al alto volumen de partículas de algodón que se mueven en el ambiente.

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 sala de tejeduría, colocado cada uno en lugares estratégicos del área de producción.

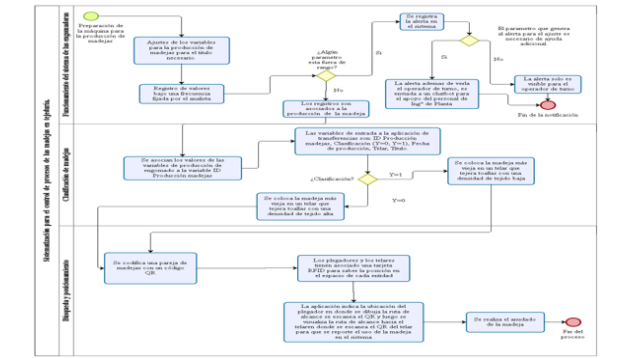


Figura 27 Sistematización para el control de procesos de las madejas en tejeduría.
Fuente: propia

Todos estos valores que son arrojados por el sistema descrito se pierden puesto 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 presentados en el tiempo, es por eso que se plantea la necesidad de incorporar un registrador de datos WiFi: Testo Saveris 2-H1. 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.

MANTENIMIENTO DE LA VARILLA PARA URDIMBRE

Mientras se está tejiendo una toalla y se produce una rotura en las 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 se detiene el telar y envía la información relacionada a que urdimbre rompió a un semáforo incrustado en el telar para que le sea 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.

TRAZABILIDAD DEL PRODUCTO EN LOS PROCESOS ASOCIADOS A LA FORMACIÓN DE ROLLOS DE TOALLAS.

Para realizar seguimiento a los rollos de toallas para determinar su calidad y reconocer 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 durante el proceso

textil, 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.

El flujo de información para los procesos asociados a la formación de rollos de toallas se muestra en la Figura 28 Diagrama de flujos de información en el proceso de producción de rollos de toallas

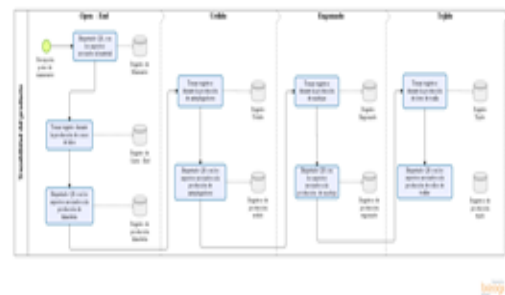


Figura 28 Diagrama de flujos de información en el proceso de producción de rollos de toallas
Fuente: propia

En cada una de las etapas del proceso se genera una cantidad de información en tiempo real la cual es importante asignar y verificar el comportamiento que tuvo el producto en la etapa para la generación de modelos predictivos capaces de clasificar si un material es apto para los tratamientos que se generan en el hilo en las etapas posteriores, al igual que en cada una de las tres etapas, se registra la información asociada a las características físicas del producto, las variables a capturar en el proceso se muestra en la Figura 29 Variables a ser capturadas en el sistema de trazabilidad del producto

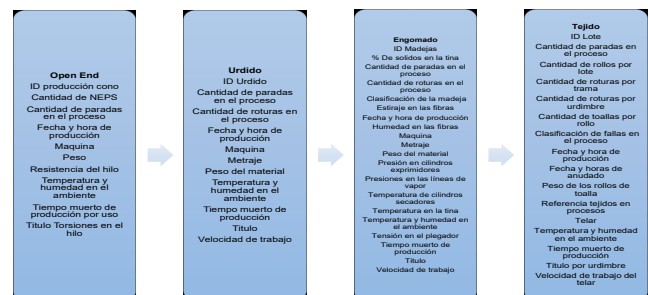


Figura 29 Variables a ser capturadas en el sistema de trazabilidad del producto
Fuente: propia

Para realizar el análisis y seguimiento del defecto “hilo roto” para controlar los procesos asociados a la generación de este defecto en los rollos de toallas, se utiliza la herramienta “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 ver como inciden los factores medibles asociados al proceso de formación de rollos de toallas.

Indicadores panel estratégico para el seguimiento del defecto "hilo roto".

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

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

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

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

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

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

- Métricas informe estratégico para el análisis del defecto "hilo roto".
- % toallas con "hilo roto", con la jerarquía referencia y telar.
- % de madejas clasificación (Y=1), con la jerarquía Titulo y máquina al momento de producción.
- Tiempo perdido sujeto a las roturas de hilo en el telar, con la jerarquía Telar y tejedor

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

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

VI. CONCLUSIÓN

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.

- 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.
- 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.

VII. REFERENCIAS

- [1] Arias, F. G. (2006). El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica. Caracas: Episteme.
- [2] César Camisón, S. C. (2006). Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- [3] Claver, G. S. (2000). Teoría y Práctica del Engomado Textil. Amtex.

- [4] Gutiérrez, P. H., & De la Vara, S. R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. México, D.F.: McGrawHill.
- [5] Hair, J. J. (2007). Análisis multivariante. Madrid: Pearson.
- [6] Hosmer, D., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. (2013). Applied Logistic Regression. New Jersey: Jhon Willey & Sons, Inc.
- [7] Lockuán, L. F. (2012). La industria textil y su control de calidad III. Hilandería.
- [8] Lockuán, L. F. (2012). La industria textil y su control de calidad IV Tejeduría.
- [9] Martinez, W. (2003). Aspectos básicos que se debèn conocer sobre el encolado. Caracas.
- [10] Montgomery, D. C. (1999). Probabilidad y estadística para ingeniería. Mexico: Cecsca.
- [11] Niebel, B. W. (2008). Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo . Mexico D.F.: Alfaomega.
- [12] Ronald E. Walpole, R. H. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Naucalpan de Juárez: PEARSON.
- [13] Sabino, C. (1992). El proceso de investigación. Caracas.
- [14] Seydel, P. V. (1979). Encolado de urdimbre textil. Greenville: Americ'as Textiles.
- [15] Summers, D. C. (2006). Administración de la calidad. Mexico: Pearson.
- [16] 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.