



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

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON
IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES**

Sergio Javier Fajardo Portillo

Asesorado por el Ing. Allan Eliu Prera Chacón

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON
IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SERGIO JAVIER FAJARDO PORTILLO

ASESORADO POR EL ING. ALLAN ELIU PRERA CHACÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Inga. Ericka Nathalie López Torres
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 26 de enero de 2015.



Sergio Javier Fajardo Portillo

Guatemala, 11 de Febrero de 2016

Ingeniero
Juan José Peralta Dardon
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería - USAC

Respetable Director:

Por este medio atentamente le informo que como asesor del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, **SERGIO JAVIER FAJARDO PORTILLO** con carné 2010-20612, procedí a revisar el trabajo de graduación titulado **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES”**

Habiendo dado el seguimiento respectivo y considerando que el proyecto cumple con los objetivos y beneficiara a la empresa donde se llevó a cabo. **LO DOY POR APROBADO**. Solicitando darle el trámite respectivo.

Para los usos que al interesado convenga me es grato suscribirme.

Atentamente,

Allan Eliu Prera Chacón
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 10890



Ingeniero Industrial
Allan Eliu Prera Chacón
Colegiado No. 10890



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Javier Fajardo Portillo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Inga. María Martha Wolford de Hernández
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2016.

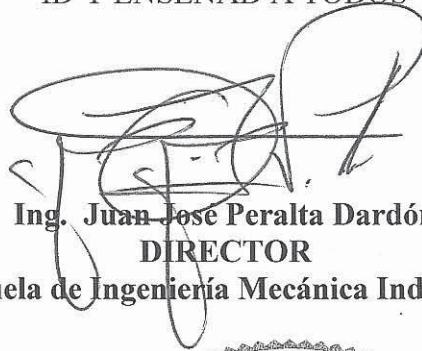
/mgp



REF.DIR.EMI.182.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Javier Fajardo Portillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.491-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON IMPLEMENTANDO INSUMOS BIODEGRADABLES**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Javier Fajardo Portillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO



Guatemala, octubre de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y la fortaleza necesaria para superar cualquier obstáculo.
Mis padres	Lucas Fajardo Castro y Carmina de Jesús Portillo Ortiz, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional para alcanzar esta meta.
Mis hermanos	Verónica Amarilis, Ronald Azael y Eder Ariel, por su cariño y aliento para lograr esta meta.
Mis sobrinos	Ariana Abigail y Javier André, por darme muchas alegrías.
Mi abuela	Transito Rodas Ortiz, por su amor y admiración hacia mi persona.
Mis tíos y primos	Por compartir conmigo este día tan especial.
Mis amigos	Por todos los grandes momentos y alegrías que hemos compartido.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Ser supremo que me dio las fuerzas para culminar mi carrera.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi segunda casa, me brindó la oportunidad de ser profesional
Facultad de Ingeniería	Por toda la formación universitaria que me brindó.
Amigos y compañeros de estudio	Por su apoyo, compañerismo y muchas alegrías.
Textiles del Sur Internacional	Por darme la oportunidad de realizar este trabajo de graduación.
Ing. Allan Prera	Por asesorarme desinteresadamente, brindarme su apoyo en la elaboración de este trabajo de graduación.
Ing. Ronald Fajardo	Por su gran apoyo en la realización de este trabajo.
Ing. Eder Fajardo	Por su gran apoyo en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Textiles del Sur Internacional, S.A.....	1
1.1.1. Actividades principales.....	1
1.1.2. Localización de la planta de producción.....	2
1.1.3. Mercados a los que sirve.....	3
1.1.4. Productos ofrecidos por la empresa.....	4
1.1.5. Estructura organizacional.....	5
1.1.6. Lineamientos estratégicos.....	7
1.1.6.1. Misión.....	7
1.1.6.2. Visión.....	7
1.1.6.3. Valores de la organización.....	7
1.1.7. Políticas de calidad, seguridad industrial y medio ambiente.....	8
1.1.8. Jornadas laborales.....	10
1.2. Fibra nailon.....	10
1.2.1. Nailon 6.....	10
1.2.2. Nailon 66.....	14

2.	DIAGNÓSTICO DEL ENTORNO LABORAL ACTUAL.....	19
2.1.	Proceso de teñido de fibra nailon	19
2.1.1.	Prefijado	19
2.1.2.	Preparación de la fibra	23
2.1.2.1.	Tejido tubular.....	24
2.1.2.2.	Tejido abierto.....	24
2.1.2.3.	Tejido costurado.....	25
2.1.3.	Formulación.....	25
2.1.3.1.	Químicos y auxiliares	27
2.1.3.2.	Colorantes	31
2.1.3.3.	Tricromía	34
2.1.3.4.	Relación de baño	35
2.1.4.	Maquinaria y equipo	37
2.1.4.1.	Teñidora Jet	37
2.1.4.1.1.	Parámetros.....	40
2.1.4.1.2.	Cargas, cuerdas y yardas	43
2.1.4.1.3.	Rendimientos	46
2.1.4.2.	Teñidora autoclave	47
2.1.4.2.1.	Enrollado	50
2.1.4.2.2.	Armado de <i>Beam</i> ...	51
2.1.5.	Teñido	51
2.1.5.1.	Curvas de teñido	52
2.1.5.2.	Descrude	55
2.1.5.3.	Neutralizado	56
2.1.5.4.	Teñido de fibra	57
2.1.5.5.	Fijado.....	58
2.1.5.6.	Lavado.....	60
2.1.5.6.1.	Lavado a rebalse....	60

	2.1.5.6.2.	Lavado continuo	60
2.2.		Evaluación de P+L del proceso de teñido de fibra nailon ..	62
2.2.1.		Diagrama de flujo del proceso	64
2.2.2.		Recursos que entran y salen del proceso.....	67
	2.2.2.1.	Materias primas e insumos	67
	2.2.2.2.	Agua	68
	2.2.2.3.	Energía	69
	2.2.2.4.	Efluentes.....	70
	2.2.2.5.	Emisiones	70
	2.2.2.6.	Residuos.....	71
2.2.3.		Diagramas de entradas y salidas.....	71
2.2.4.		Diagnóstico del proceso de teñido de fibra nailon	73
	2.2.4.1.	Forma actual del teñido de fibras nailon	73
		2.2.4.1.1. Costos asociados al proceso actual	75
	2.2.4.2.	Deficiencias del proceso actual	78
3.		DISEÑO DEL NUEVO PROCESO DE TEÑIDO.....	83
3.1.		Características de los insumos y materias primas a usar por proceso.....	83
	3.1.1.	Proceso de descrude	83
	3.1.2.	Proceso de neutralizado	85
	3.1.3.	Proceso de tintura.....	86
	3.1.4.	Proceso de fijado	87
	3.1.5.	Proceso de lavado	88
3.2.		Parámetros que se deben de controlar del proceso	88
	3.2.1.	Temperatura del agua	89

3.2.2.	Tiempo de operación.....	91
3.2.3.	Nivel de acidez o alcalinidad (pH)	93
3.2.4.	Dureza del agua	96
3.3.	Modificación de las operaciones de teñido.....	98
3.3.1.	Prefijado	98
3.3.2.	Formulación de color	100
3.3.3.	Descrude	101
3.3.4.	Neutralizado	103
3.3.5.	Tintura	105
3.3.6.	Fijado.....	108
3.4.	Diseño de las nuevas curvas de teñido.....	111
3.4.1.	Información principal de las curvas de teñido.	112
3.4.1.1.	Encabezado	112
3.4.1.2.	Numeración	113
3.4.2.	Gráfica temperatura vs tiempo	113
3.4.2.1.	Escala.....	115
3.4.2.2.	Iconos.....	116
3.4.2.2.1.	Toma de muestra.	116
3.4.2.2.2.	Medición de alcalinidad (pH)	117
3.4.2.3.	Nombre de las operaciones.....	118
3.4.2.4.	Línea de tiempo y operaciones ...	118
3.4.2.5.	Nomenclatura	118
3.5.	Análisis financiero de la propuesta.....	120
3.5.1.	Inversión inicial.....	120
3.5.1.1.	Equipo y materiales	120
3.5.1.2.	Instalación	122
3.5.2.	Capacitaciones.....	123
3.5.3.	Costos periódicos.....	124

4.	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON.....	125
4.1.	Análisis financiero.....	125
4.1.1.	Cálculo de la rentabilidad de la inversión	125
4.1.1.1.	Diagrama de flujos.....	126
4.1.1.2.	Valor presente neto	127
4.1.1.3.	Análisis beneficio/costo	130
4.1.1.4.	Período de recuperación de la inversión	135
4.2.	Programación de las actividades.....	137
4.2.1.	Materiales a emplear	137
4.2.1.1.	Detergentes	138
4.2.1.2.	Químicos auxiliares	140
4.2.1.3.	Colorantes	140
4.2.2.	Preparación de equipos a emplear	141
4.2.2.1.	Máquina Jet	142
4.2.2.2.	Máquina autoclave.....	143
4.2.3.	Implementación de materiales	144
4.2.3.1.	Tiempo de adición	145
4.2.3.2.	Temperatura de adición	145
4.2.4.	Revisiones generales	147
4.2.4.1.	Revisiones pre operatorias	147
4.2.4.2.	Revisiones durante operación	147
4.2.4.3.	Revisiones post operatorias.....	148
4.2.5.	Pruebas de funcionamiento	148
4.2.6.	Capacitación del personal.....	149
4.2.6.1.	Procedimiento de implementación.....	149
4.2.6.2.	Seguridad e higiene industrial.....	150

4.3.	Diagramación de actividades	151
4.3.1.	Duración esperada del proyecto.....	152
5.	MANTENIMIENTO Y MEJORA CONTINUA.....	153
5.1.	Actividades de mantenimiento de máquinas teñidoras ...	153
5.1.1.	Mantenimiento preventivo	154
5.1.2.	Mantenimiento correctivo	154
5.2.	Programación de actividades de mantenimiento.....	154
5.2.1.	Revisiones periódicas de mantenimiento	155
5.2.1.1.	Cronograma para revisiones	155
5.2.1.2.	Cuadro de control de funcionamiento	157
5.3.	Controles del aseguramiento de la calidad del proceso ..	158
5.3.1.	Mediciones y revisiones	159
5.3.1.1.	Mediciones de pH.....	159
5.3.1.2.	Agotamiento	160
5.3.1.3.	Marcas en tela.....	162
5.3.1.4.	Recubrimientos	162
5.3.2.	Pruebas físicas.....	163
5.3.2.1.	Solidez.....	163
5.3.2.2.	Ancho	164
5.3.2.3.	Peso	164
5.3.3.	Acabados	168
5.3.3.1.	Temperaturas	168
5.3.3.2.	Sublimación de colorante	169
5.3.3.3.	Suavizado.....	169
5.3.3.4.	Antioxidante.....	170
5.3.4.	Empaque de producto final.....	170
5.3.4.1.	Material de empaque.....	171

5.3.4.2.	Procedimiento de empaque	171
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	173
6.1.	Identificación y evaluación de impactos.....	179
6.1.1.	Impactos positivos	180
6.1.2.	Impactos negativos.....	181
6.2.	Medidas correctoras	182
6.2.1.	Preventivas.....	182
6.2.2.	Correctivas.....	183
6.3.	Plan de seguimiento y evaluación	184
6.3.1.	Indicadores ambientales de P+L	184
6.3.1.1.	Consumo energético.....	185
6.3.1.2.	Aguas residuales	186
6.3.1.3.	Residuos sólidos.....	186
	CONCLUSIONES	187
	RECOMENDACIONES.....	189
	BIBLIOGRAFÍA.....	191
	APÉNDICES	195
	ANEXOS.....	207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de Textisur, S.A.....	3
2.	Organigrama de Textiles del Sur Internacional, S.A.....	6
3.	Aplicaciones de nailon 6.....	14
4.	Aplicaciones del nailon 66.....	17
5.	Rama termofijadora de alimentación horizontal	21
6.	Sensor óptico de la rama termofijadora.....	22
7.	Colores primarios de adición (RGB y CMYK).....	35
8.	Máquina teñidora Jet.....	38
9.	Partes generales de una máquina de teñido Jet	40
10.	Máquina autoclave de teñido	48
11.	Proceso de teñido en máquina autoclave	49
12.	Enrollado de <i>Beam</i>	50
13.	Curva de teñido	53
14.	Proceso actual de teñido para fibra nailon	61
15.	Enfoque piramidal del manejo de efluentes	63
16.	Diagrama de flujo del proceso actual de teñido de nailon	65
17.	Diagrama de entradas y salidas para el teñido de nailon.....	72
18.	Matriz de situación ambiental del sector textil	79
19.	Diagrama de Pareto de yardas defectuosas	81
20.	Medida de potencial de hidrógeno	93
21.	Dimensiones correctas para enrollado de <i>Beam</i>	100

22.	Lavado previo	102
23.	Neutralizado.....	104
24.	Modificaciones al proceso de teñido	107
25.	Modificaciones al proceso de fijado	109
26.	Reducción de tiempo de producción para el proceso de teñido de nailon.....	110
27.	Encabezado propuesto para una curva de teñido	113
28.	Iconos de toma de muestra y medición de pH.....	117
29.	Formato propuesto para las curvas de teñido.....	119
30.	Comportamiento del beneficio acumulado.....	136
31.	Carga de tela a máquina Jet.....	143
32.	Diagrama de Gantt del proyecto	152
33.	Cronograma de actividades para la revisión de máquinas teñidoras	156
34.	Procedimiento de ponchado de tela.....	165
35.	Prueba <i>Wicking</i>	167
36.	Jerarquía del manejo ambiental.....	175
37.	Área de influencia de la empresa y sus colindancias directas	178
38.	Indicador de consumo energético	185

TABLAS

I.	Productos ofrecidos por la empresa	4
II.	Propiedades de nailon 6	12
III.	Propiedades del nailon 66	16
IV.	Colorantes recomendados a emplear por fibra	34
V.	Consideraciones para el cálculo de costos de producción	75
VI.	Costos aproximados de un proceso actual de teñido de fibra nailon	77

VII.	Rendimiento de químicos y auxiliares de teñido	87
VIII.	Temperaturas y tiempos del proceso de teñido propuesto.....	92
IX.	Mediciones de pH para proceso de teñido propuesto	95
X.	Clasificación de la dureza del agua.....	97
XI.	Descripción de pendientes de una gráfica temperatura vs tiempo	115
XII.	Costo de materiales para el proceso propuesto	121
XIII.	Costos de instalación	122
XIV.	Costo de capacitación	123
XV.	Costos periódicos.....	124
XVI.	Diagrama de flujos para la propuesta de inversión	126
XVII.	Valor presente neto de la propuesta para un período de 12 meses	129
XVIII.	Costos totales de la propuesta de optimización	131
XIX.	Ahorro para el proceso de teñido de nailon.....	133
XX.	Razón B/C simple para la propuesta de optimización	134
XXI.	Procedimiento operativo estandarizado para detergentes	139
XXII.	Tiempo y temperatura de adición de materiales al proceso	146
XXIII.	Cuadro de control de funcionamiento para las máquinas teñidoras	157

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
B/C	Análisis beneficio costo
cm	Centímetros
° C	Grados Celsius
g	Gramos
h	Hora
J	Joule
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Kwh	Kilowatt por hora
l	Litros
Mpa	Mega pascal
m	Metros
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
pul	Pulgadas
PCC	Puntos críticos de control
P+L	Producción más limpia
Q	Quetzales
R/B	Relación de baño
w	Watt
UV	Ultra violeta
VPN	Valor presente neto

GLOSARIO

AATCC	Por sus siglas en inglés <i>American Association of Textile Chemists and Colorist</i> , Asociación Americana de Químicos, Textiles y Coloristas en español.
ASTM	Por sus siglas en inglés <i>American Society for Testing Materials</i> , Sociedad Americana de Pruebas de Materiales en español.
CMYK	Por sus siglas en inglés <i>Cyan, Magenta, Yellow and Key</i> , cian, magenta, amarillo y negro en español.
Colorimetría	Procedimiento de análisis químico basado en la intensidad de color de las disoluciones.
Espectrofotómetro	Equipo que se emplea para medir la intensidad de un espectro determinado en comparación con la intensidad de luz procedente de un patrón.
Fusión	Proceso físico en donde una materia en estado sólido, cambia al estado líquido por acción de una fuente de calor.
Gradiente	Razón entre la variación del valor de una magnitud en dos puntos próximos y la distancia que los separa.

Hidrofilidad	Capacidad de absorción de agua que posee una fibra natural o sintética.
ISO	Por sus siglas en inglés <i>International Organization for Standardization</i> , Organización Internacional para la Normalización en español.
JIS	Por sus siglas en inglés <i>Japanese Industrial Standards</i> , Estándares Industriales Japoneses en español.
Poliéster	Fibra sintética que se obtiene mediante una reacción química. Presenta alta resistencia a la humedad y productos químicos.
RGB	Por sus siglas en inglés <i>Red, Green and Blue</i> , rojo, verde y azul en español.
Spandex	Fibra sintética que posee propiedades de elasticidad y resistencia.
Yarda	Medida inglesa de longitud, equivalente a 91 centímetros.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado en el departamento de tintorería cerrada de la empresa: Textiles del Sur Internacional, S.A., la cual se dedica a la elaboración de telas naturales y sintéticas, comercializándolas en el mercado nacional e internacional. La fábrica se encuentra localizada en el municipio de Villa Nueva, ha operado por más de veinte años en la industria textil, siendo incapaz de mejorar continuamente sus procesos de producción, lo que ha conllevado a la empresa a un detrimento de su imagen y reducción de ingresos económicos.

La empresa cuenta con múltiples procesos de manufactura de telas, este trabajo se centrará en el proceso de teñido de fibra nailon. Para dar solución a esta problemática se analizó las actuales operaciones del proceso, identificando que sus principales deficiencias son métodos de trabajo inapropiados, falta de control de parámetros y mala gestión ambiental.

La propuesta se diseñó acorde a las necesidades actuales de la empresa, se basan en lineamientos de la metodología producción más limpia, centrándose en tres ejes fundamentales, los cuales son: sustitución de materias primas actuales por biodegradables, reducciones de tiempo, costos de proceso y uso eficiente de recursos y materiales.

Para el cálculo de requerimientos de la propuesta, se emplearon herramientas estadísticas de la calidad, así también, herramientas de ingeniería económica, para cuantificar los costos del proyecto y realizar un estudio beneficio-costeo.

OBJETIVOS

General

Determinar la optimización del proceso de teñido de fibra nailon; mediante la implementación de insumos y materias primas de carácter biodegradable.

Específicos

1. Analizar el proceso actual de teñido de fibra nailon, detallando los subprocesos, maquinaria, insumos y materias primas involucradas.
2. Identificar las deficiencias de la forma actual de teñir la fibra nailon, por medio de herramientas analíticas de ingeniería.
3. Diseñar un nuevo proceso de teñido especificando la función de los nuevos insumos y materias primas propuestas.
4. Disminuir las erogaciones en concepto de materias primas e insumos en el proceso de teñido de fibra nailon, generando un beneficio económico.
5. Establecer un plan de actividades a desarrollar para implementar la nueva forma de teñir.
6. Implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para las máquinas teñidoras Jet y autoclave.

7. Establecer un plan de aseguramiento de la calidad del producto final con base a pruebas físicas.
8. Evaluar el impacto ambiental del proceso de teñido de fibra nailon, elaborando un plan de seguimiento y evaluación, basado en indicadores ambientales de producción más limpia.

INTRODUCCIÓN

La exigente competencia en el mercado, el ciclo de vida del producto y las necesidades de los clientes, son aspectos que exigen a las industrias implementar nuevas estrategias para optimizar sus procesos, tanto internos como externos. En la industria guatemalteca uno de los aspectos principales que restringen la implementación de un proyecto para la mejora continua, es la negatividad de las empresas a invertir en los mismos, ya sea por desinterés o porque consideran que requiere de una inversión onerosa que producirá pocos beneficios a largo plazo.

Una metodología que no requiere una inversión costosa, es la producción más limpia, la cual es una estrategia técnico-ambiental de carácter preventiva, enfocada en mejorar los procesos, productos y servicios. Esta metodología permite al sector productivo ser más rentable y competitivo, mediante la aplicación buenas prácticas como reducción, reutilización y reciclaje de materiales, modificaciones al proceso, sustitución de materiales y cambio de tecnología. La información relacionada a dicha práctica se encuentra en el primer capítulo del presente trabajo.

Considerando los lineamientos de la metodología producción más limpia, se propone para Textiles del Sur, el proyecto de optimización del proceso de nailon 6 y 66, centrándose en tres aspectos principales: sustitución de materias primas e insumos actuales, por materiales de carácter biodegradable. Reducción de tiempo y costos del proceso actual, mediante la eliminación de operaciones que no generan valor y uso eficiente de los materiales.

En el segundo capítulo se realiza el análisis completo del proceso actual de teñido de nailon, empleando herramientas de Ingeniería Industrial como diagrama de procesos, diagrama de entradas y salidas y herramientas de la calidad, obteniendo con dicho estudio las principales deficiencias. Por su parte, el tercer capítulo comprende el diseño del proceso de teñido propuesto, indicando las modificaciones realizadas y costos estimados de inversión.

Para obtener un dato de los posibles ahorros en costos de producción, materiales y recursos; en el cuarto capítulo, se realiza un análisis de factibilidad económica para la toma de decisiones, empleando herramientas de ingeniería económica como: análisis beneficio/costo, valor presente neto, diagrama de flujos, entre otros. Además, especificar los procedimientos para implementar el nuevo proceso de teñido.

Parte importante de los procesos textiles es contar con un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo, que mantenga los equipos en condiciones óptimas y empleen los recursos de forma eficiente, por tal razón, se propone en el quinto capítulo, consideraciones que se deben de tener en un plan de mantenimiento en las máquinas teñidoras, para asegurar su funcionalidad. Asimismo en este capítulo, se definen las pruebas de físicas que se deben de realizar a la fibra nailon, para asegurar que esta cumple con las especificaciones de las normas internacionales ASTM y ATTCC, como parte del programa de aseguramiento de la calidad.

Por otra parte, en el último capítulo se evalúan los posibles impactos ambientales, por parte de la empresa y la implementación del nuevo proceso de teñido. Estableciendo indicadores a monitorear a fin de garantizar que el funcionamiento sea apropiado, centrándose en el consumo energético, aguas residuales y desechos sólidos.

1. GENERALIDADES

1.1. Textiles del Sur Internacional, S.A.

Textiles del Sur Internacional, S.A., es una empresa privada guatemalteca textil cuyas operaciones iniciaron en el año de 1982, elaborando telas de alta calidad para mercados locales e internacionales, siendo sus principales: Estados Unidos, México y Centroamérica.

Su constante investigación desde su fundación, ha permitido el desarrollo de nuevos productos que satisfacen las necesidades tanto del consumidor local como internacional. Ha determinado la innovación como un valor empresarial, que ha permitido producir fibras naturales y sintéticas de la mejor calidad, al más bajo costo, consolidando su hegemonía en el ámbito textil guatemalteco.

1.1.1. Actividades principales

Sus operaciones giran en torno a la elaboración de fibras naturales y sintéticas, para ser comercializadas en el mercado local e internacional. La empresa posee tres procesos principales, siendo estos: hilatura, tejeduría y acabados.

La hilatura es un proceso industrial en donde se emplea insumos naturales y artificiales, para elaborar un cuerpo textil fino, alargado, resistente y flexible llamado Hilo. Este proceso es indispensable para la empresa, puesto que del mismo se derivan los procesos de tejeduría y teñido.

La tejeduría es el proceso siguiente a la hilatura, aquí se utilizan los hilos producidos para entrelazarlos unos a otros hasta lograr lo que se conoce como tela, el cual no es más que miles de hilos entretejidos que forman una superficie plana. La empresa efectúa este proceso con base a las especificaciones del cliente en el tipo de tejido que necesiten, en los que se pueden mencionar: tejido plano, tejido circular, tejido de punto y aglomerados.

El proceso de acabado consiste en dar una gran variedad de terminaciones a las fibras textiles, aquí se llevan a cabo los procesos de tintura y estampado, además de otros procesos auxiliares para dar propiedades de resistencia, impermeabilidad, retardantes al fuego, entre otras.

1.1.2. Localización de la planta de producción

Localizada dentro de Guatemala, su ubicación geográfica se encuentra en el kilómetro 18.5 carretera a Mayan Golf, municipio de Villa Nueva, en el departamento de Guatemala.

Las coordenadas de la planta de producción son 14°29'56.0" Norte, 90°34'52.4" Oeste. Colindando al sur con Mayan Golf Club Guatemala y al este con la empresa Tejidos Corporativos, S.A.

Su ubicación permite a la empresa reducir costos de transporte, al obtener una operación continua en sus traslados de producto terminado y materia prima. Asimismo de proveerse de mano de obra calificada en el área textil, debido a que el municipio de Villa Nueva consta con alrededor de cuarenta fábricas de este rubro.

Figura 1. **Mapa de ubicación de Textisur, S.A.**



Fuente: *Google Earth*. Consulta: 20 de octubre de 2014.

1.1.3. **Mercados a los que sirve**

El mercado internacional es el más importante, debido a que es el principal generador de ingresos para la empresa. Sus principales clientes son empresas desarrolladoras de la moda, confeccionistas reconocidos mundialmente, se pueden mencionar: JC Penney, Reebok, Walmart, Adidas.

La empresa fabrica y vende fibras para empresas nacionales y compradores individuales, siendo sus principales productos la ropa sin costura, afelpados, manteles, ropa interior, toallas, hilo, ponchos, frazadas, fieltro. Tanto de primera como de segunda calidad.

1.1.4. Productos ofrecidos por la empresa

El principal producto de la empresa son las yardas de tela elaboradas con fibras naturales o sintéticas. En la actualidad, elaboran las telas bajo las especificaciones de los clientes, así también, su diseño y color. La tabla I muestra los productos de más demanda de la empresa.

Tabla I. **Productos ofrecidos por la empresa**

Fibra	Tejido	Producto
Poliéster	Tejido circular	Telas deportivas Afelpados
	Tejido rectilíneo	Telas deportivas Afelpados
	<i>Jacquard</i>	Tela para muebles Manteles Tela para cama
	Hilo pre teñido para tejeduría	
Nailon	Tejido circular	
	Tejido rectilíneo	Licras
	Hilo pre teñido para tejeduría	
Algodón	Gabardinas	Con y sin <i>Sweding</i>
	Hilo para gabardina	
	Toallas y trapeadores	
	Mantillas impresas	
	Hilo para costura	

Fuente: elaboración propia.

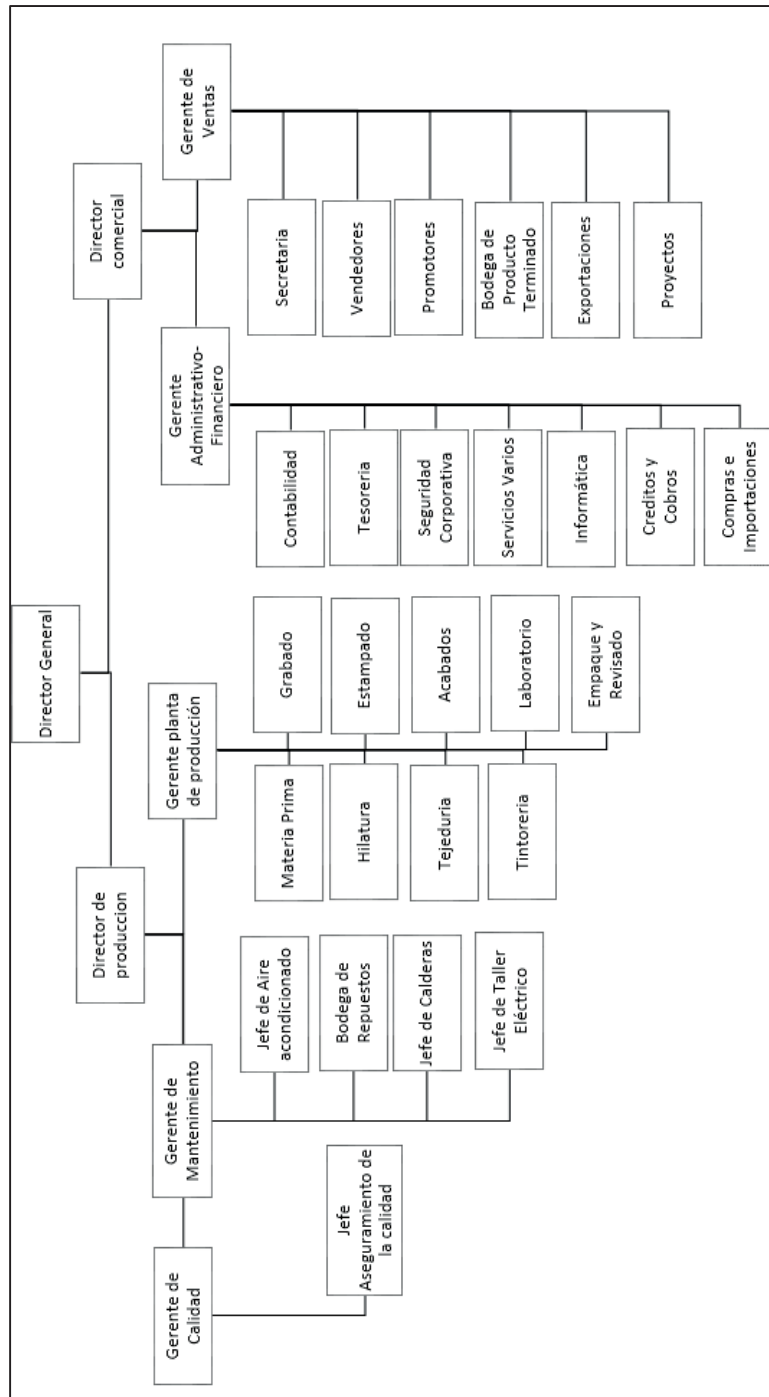
1.1.5. Estructura organizacional

La empresa labora bajo una administración jerárquica, en donde cada colaborador responde a un nivel superior. Los líderes de las diferentes áreas de la organización consideran todas las opiniones y participación de los colaboradores en las actividades de la empresa. La gerencia confía plenamente en sus trabajadores; considera que la capacidad y experiencia de su personal representa la columna vertebral de la compañía.

Los jefes de área y mandos medios siempre estimulan a sus empleados en sus actividades operativas, brindando un ambiente de trabajo agradable y en equipo. A continuación se detallan las responsabilidades y características generales de los puestos principales de la organización:

- **Directores y gerentes:** velan por la correcta administración y el adecuado uso de los recursos humanos, materiales y económicos de la empresa. Responden con responsabilidad a autoridades civiles, administrativas, financieras y legales, buscando siempre salvaguardar los intereses de la organización. Son los principales promotores de políticas de mejora continua, seguridad laboral, control de calidad.
- **Jefes de área:** supervisan directamente todas las operaciones en el área asignada, con la finalidad que se cumplan las obligaciones y responsabilidades propias al cargo que desempeña cada colaborador. Encargados de entrevistar y reclutar al personal que se necesite.
- **Supervisores:** encargados de la verificación y el cumplimiento de las tareas asignadas a colaboradores, así también de la producción en proceso.

Figura 2. Organigrama de Textiles del Sur Internacional, S.A.



Fuente: elaboración propia.

1.1.6. Lineamientos estratégicos

La empresa considera a su personal como el recurso más valioso que posee, es por esto que diseña y planea sus actividades empresariales respetando y apreciando cada una de las aportaciones de los trabajadores.

1.1.6.1. Misión

Fabricar telas de excelente calidad, comprometidos a brindar un servicio oportuno a nuestros clientes de acuerdo a sus necesidades actuales y futuras, capacitando y gestionando nuestro talento humano, actuando con responsabilidad social y ambiental.¹

1.1.6.2. Visión

Ser la empresa número uno en Guatemala en proporcionar a las industrias desarrolladoras de la moda, productos textiles elaborados con las fibras de mejor calidad, en un tiempo justo y a precios competitivos.²

1.1.6.3. Valores de la organización

Los valores son los principios que la empresa ha adoptado, que permiten definirse y lograr alcanzar su misión, visión y estrategias planteadas. Textisur ha establecido como valores principales los siguientes: aceptación y valorización de la diversidad, protección al medio ambiente, igualdad de oportunidad, respeto y aprecio por cada una de las aportaciones del empleado, servicio al cliente, comunicación, innovación y creatividad.³

^{1 2 3}Textiles del Sur Internacional, S.A.

1.1.7. Políticas de calidad, seguridad industrial y medio ambiente

La empresa ha implementado políticas que sean viables y permitan alcanzar los objetivos y metas planteadas, garantizando una calidad consistente en sus procesos productivos, proporcionar planes de salud y seguridad ocupacional a sus colaboradores y promover la responsabilidad con el medio ambiente. La finalidad de las políticas es en un futuro implementar sistemas integrados de gestión y certificaciones en estas tres áreas.⁴

- Control de calidad

La planta de producción ha sido diseñada para elaborar más de un millón de telas mensualmente en todas sus líneas de producción; por lo cual cuentan con la maquinaria más moderna y las materias primas e insumos de más alta calidad en el mercado, lo cual permite reducir tiempo de operación, costos de producción y así, suplir la demanda mensual. La empresa cuenta con laboratorios certificados por empresas reconocidas mundialmente como: The Gap, Reebok, Nike, entre otras.

Se realizan pruebas de colorimetría, muestras de tela para asegurar la calidad de teñido, espectrofotometría de curvas de colores, control de encogimiento. Todas bajo las normas AATCC y ASTM para asegurar y garantizar la calidad de los productos.⁵

⁴5 Textiles del Sur Internacional, S.A.

- Seguridad industrial

Textisur está comprometida con sus colaboradores, garantizando que las operaciones productivas no afecten la salud de ninguno de ellos. Considera la seguridad del personal como el punto de partida de los procesos; se ha creado programas y capacitaciones para que las actividades operativas no afecten al personal a corto y largo plazo.

La empresa cuenta con un equipo de profesionales en el área de seguridad industrial y salud ocupacional. El cual permite identificar y reducir los accidentes que se pudiesen ocasionar dentro de la empresa. Las políticas de Textisur, tienen como finalidad proporcionar a los trabajadores un entorno laboral seguro y que permita realizar las actividades diarias, sin ningún peligro o temor.⁶

- Medio ambiente

Textisur muestra su compromiso con el cuidado y preservación del medio ambiente, mitigando todos los efectos negativos derivados de su proceso de producción y así, generar un desarrollo sostenible, acogiendo las normas internacionales de gestión ambiental.⁷

Ha implementado proyectos de mejora en la reducción y manejo de material reciclado: implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales, reducción de las emisiones atmosféricas, uso inteligente del agua y energía eléctrica.

^{6 7} Textiles del Sur Internacional, S.A.

1.1.8. Jornadas laborales

La jornada de trabajo para el área operativa y de producción es de siete de la mañana a cinco de la tarde, con una hora y media para descanso y alimentación. Por estaciones y época de alta demanda, pueden extenderse el horario de trabajo, trabajando horas extras para cumplir con la demanda solicitada. Los días de trabajo son regularmente de lunes a viernes o lunes a sábado, según las necesidades existentes.

La administración labora de ocho de la mañana a cinco de la tarde, contando con una hora de almuerzo y descanso, laborando únicamente de lunes a viernes.

1.2. Fibra nailon

Creada en 1930, por Wallace Caruthers, la fibra nailon es un polímero artificial que pertenece al grupo conocido como poliamidas, utilizado para elaborar diferentes productos en la industria. Los dos tipos de nailon más utilizados son: nailon 6 y nailon 66.

1.2.1. Nailon 6

Conocido también como Perlon, es una fibra textil sintética elaborada con productos derivados del petróleo y aceites, generalmente hecho en forma de hilo para la producción de prendas de vestir o diversos productos resistentes a temperaturas altas y bajas.

La fibra nailon 6 posee características de solidez, su color natural es blanco y su forma de presentación generalmente es en fibra, aunque muchas veces también se obtiene una película delgada.

- Propiedades químicas
 - Efecto en los ácidos: las soluciones diluidas pueden afectar de forma ligera al nailon, este se disuelve en concentraciones en frío de ácido sulfúrico y nítrico.
 - Efecto en los solventes orgánicos: el ácido fórmico, el fenol y el metracresol en grandes concentraciones, disuelven al nailon. Los detergentes industriales o domésticos no afectan a la fibra.

- Propiedades

El nailon se caracteriza por sus propiedades mecánicas y físicas como:

- Resistencia al desgaste
- Bajo coeficiente de fricción
- Altos puntos de fusión
- Excelente resistencia al impacto
- Alta resistencia a la fatiga
- Brinda excelente brillo superficial

Tabla II. **Propiedades de nailon 6**

Características mecánicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Densidad	53479	1,14	g/cm ³
Elongación en punto de fluencia	53455	85	MPa
Resistencia a la rotura por alargamiento	53455	70	%
Módulo de elasticidad a la tracción	53457	3200	MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	53456	70/160	MPa
Resistencia al impacto	53453	no.Br.	KJ/m ²
Resistencia al alargamiento, por 1 %, tras 1000 hrs		5	MPa
Coefficiente de fricción contra acero endurecido y afilado p=0,05 N/mm ² , v=0,6 m/s		0,38-0,45	-
Temperatura de fusión	53736	220	°C
Capacidad de conductividad calorífica específica		0,23	W/(m.K)

Fuente: elaboración propia.

- **Aplicaciones y usos**

El nailon es uno de los polímeros más comúnmente utilizados en todo el mundo, debido a su versatilidad y dureza. Fue el primero en desarrollarse y es la base del nailon 66, 11 y 12. Las aplicaciones de esta fibra son numerosas, las más comunes se describen a continuación:

- Industria textil: el nailon 6 es muy utilizado en la industria textil en la elaboración de telas no tejidas. Debido a su elasticidad y resistencia, es usado para fabricar calcetería, ropa interior femenina y masculina, paracaídas, entre otros.
- Industria automotriz: con su alta resistencia a la tracción, a la fatiga y una buena adhesión, se elaboran hilos industriales que son utilizados como tejido de la medula de neumáticos y para reforzar el sesgo de capas de los autobuses y camiones.
- Empaque y embalaje: se emplea para producir una pequeña película plástica, que es muy utilizada en la industria alimenticia como un medio para el empaque y envasado a largo plazo de productos alimenticios.
- Agricultura: se utilizan pequeñas capas hechas de nailon, para proteger el cultivo de los rayos ultravioleta (UV), ya que posee propiedades de absorción.

Figura 3. Aplicaciones de nailon 6



Fuente: LOCKUAN LAVADO, Fidel Eduardo. La industria textil y su control de calidad. 2012. p.62

1.2.2. Nailon 66

Es un polímero de la familia de poliamidas, su nombre se debe por la forma en que están unidas sus moléculas. Este plástico es producto de la innovación y constante investigación de la empresa Dupont, S.A., la cual adquirió la patente del nailon 6.

Este tipo de poliamida se caracteriza por ser más maleable que el nailon 6, se elabora generalmente mediante extrusión y se diferencia en tener un punto de fusión más alto, así también, mayor resistencia al desgaste.

El nailon 66 fue el primer termoplástico elaborado por el hombre, el cual se considera un producto sustituto de la seda, debido a que posee propiedades físicas más fuertes que el nailon 6, su aplicación en la industria es más extensa.

- Propiedades químicas
 - Efecto en los ácidos: igual que el nailon 6, las soluciones diluidas pueden afectar de forma ligera al nailon 66, este se disuelve en concentraciones en frío de ácido sulfúrico y nítrico.
 - Efecto en los solventes orgánicos: el ácido fórmico, el fenol y el metracresol en grandes concentraciones, disuelven al nailon. Los detergentes industriales o domésticos no afectan a la fibra.

- Propiedades físicas

El nailon 66 posee mejores propiedades físicas que el nailon 6, además, es más sólido y duradero. Su resistencia térmica es mayor y sus aplicaciones se dan más en la industria de construcción y elaboración de accesorios. Algunas de sus propiedades son:

- Resistencia al desgaste
- Bajo coeficiente de fricción
- Altos puntos de fusión
- Excelente resistencia al impacto
- Alta resistencia a la fatiga
- Brinda excelente brillo superficial
- Fácil de teñir y lavar
- Material soldable y adherible

- Aislante eléctrico

Tabla III. **Propiedades del nailon 66**

Características mecánicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Valor	Unidad
Densidad	53479	1,14	g/cm ³
Elongación en punto de fluencia	53455	90	MPa
Resistencia a la rotura por alargamiento	53455	40	%
Módulo de elasticidad a la tracción	53457	3300	MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	53456	170	MPa
Resistencia al impacto	53453	no.Br.	KJ/m ²
Resistencia al alargamiento, por 1 %, tras 1000 h		8	MPa
Coefficiente de fricción contra acero endurecido y afilado $p=0,05$ N/mm ² , $v=0,6$ m/s		0,35-0,42	-
Temperatura de fusión	53736	255	°C
Capacidad de conductividad calorífica específica		0,23	W/(m.K)

Fuente: elaboración propia.

- Aplicaciones y usos

El nailon 66 se considera más un termoplástico que una fibra sintética, debido a sus características de dureza y resistencia al desgaste, se utiliza para elaborar accesorios para ferretería, construcción y vehículos. Algunas aplicaciones en la industria se describen a continuación:

- Accesorios para equipos: es utilizado para elaborar cojinetes, engranajes, bujes, levas, poleas, ruedas de cadena, sellos, partes de válvulas, arandelas y piezas en general de juguetes u otro equipo.
- Misceláneos: elaboración de lazos, cuerdas de instrumentos, recubrimiento de cables, suelas de zapato, botones de camisa, envases, entre otros.

Figura 4. **Aplicaciones del nailon 66**



Fuente: LOCKUAN LAVADO, Fidel Eduardo. La industria textil y su control de calidad. 2012. p.69

2. DIAGNÓSTICO DEL ENTORNO LABORAL ACTUAL

2.1. Proceso de teñido de fibra nailon

La etapa de teñido consiste en el proceso donde intervienen fibras textiles y materiales de teñido, de forma que los colorantes se integren a la fibra y no sea solo un revestimiento artificial. Los tintes son compuestos químicos y algunos orgánicos, que poseen afinidad física y química hacia las fibras. Tienden a mantener su color pese al desgaste, exposición al sol, agua y detergentes.

El proceso de teñido es uno de los más complejos y extensos en la industria textil, debido a la cantidad de operaciones y materiales que este conlleva. Además, es el proceso que puede generar más contaminación por la cantidad de colorantes y químicos que intervienen. Los químicos empleados son conocidos como auxiliares de teñido y son los encargados de asegurar la integración del colorante a la fibra, la suavidad, textura, resistencia a la luz y al lavado, entre otros.

2.1.1. Prefijado

También conocido como fijado en crudo o fijado en sucio, es el proceso que se efectúa en los tejidos crudos previo a un proceso húmedo para suministrar buenas propiedades dimensionales y características antiarrugas. Esta operación es crítica para los tejidos sintéticos (poliéster, poliamidas, elastómeros).

La finalidad del prefijado es brindar las dimensiones necesarias a la fibra para llevar a cabo el proceso de teñido, debido a que los tejidos con características elásticas como el nailon 6 y nailon 66, tienden a reducir o aumentar sus dimensiones cuando son sometidas a un proceso húmedo tal como el descruce o tintura, sin haber fijado previamente las tensiones de la fibra. Con este procedimiento se asegura que la tela no se encoja o se ablande demasiado, para prevenir inconvenientes en el proceso de teñido.

Al ejecutar el proceso de prefijado se deben de considerar los siguientes parámetros, para que la fibra posea las condiciones óptimas al momento de teñirse considerando el material que se utilizó para elaborar la tela.

- Temperatura: se debe de controlar para que la fibra no pierda sus propiedades elásticas. Este proceso se realiza en condiciones de ciento sesenta hasta doscientos diez grados centígrados, para el nailon 6 y nailon 66. Temperaturas muy bajas no permiten un proceso de prefijado, al contrario, temperaturas muy altas pueden causar amarillamiento y pérdida de la elasticidad en el nailon.
- Tiempo: conjuntamente con la temperatura se deben de controlar para evitar el amarillamiento, el lapso al que se debe de someter una fibra al proceso de prefijado varia acorde a las características que el fabricante le haya proporcionado; sin embargo, el período estándar varía desde los diez a cuarenta segundos.

El proceso de prefijado se realiza en una máquina conocida como rama termofijadora, de las cuales existen diferentes modelos que se diferencian por las siguientes características:

- Sistema de calentamiento, por aceite térmico o vapor de agua
- Ancho de máquina, de un metro, dos metros, cinco metros, etc.
- Alimentación del tejido, horizontal o vertical

Figura 5. **Rama termofijadora de alimentación horizontal**



Fuente: HARO VACA, Holguer Pablo. Normalización de los parámetros en las variables que inciden en la calidad de la tela *Jersey*, en el proceso de prefijado y termofijado, en la empresa Asotextil. Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2011. p.68.

El prefijado inicia con la determinación del ancho y largo con el que se desea obtener la tela prefijada. Esta operación se realiza en el panel de control de la rama termofijadora.

Luego se procede con la alimentación del tejido, por medio de un sistema conocido como caja PIV, que permite variar el rendimiento de fibra que se desea prefijar. Este mecanismo emplea dos poleas dentadas, que por su diferencia de diámetro permiten la regulación de velocidad de alimentación.

Durante la alimentación del tejido, se emplean diversos sensores ópticos que permiten controlar y corregir los errores o dobleces que existan en la fibra nailon, con la finalidad de tener un tiraje continuo de tela que posea las mismas dimensiones.

Figura 6. **Sensor óptico de la rama termofijadora**



Fuente: PESOK, Juan. Introducción a la tecnología textil. Uruguay: Universidad de Montevideo, Facultad de Ingeniería, 2005. p .64.

Luego de determinar que la fibra posee las mismas dimensiones y no conserva defectos, se efectúa al proceso de prefijado en una cámara hermética conocida como campo de prefijado. En esta parte de la rama termofijadora, se hace circular calor, el cual es producido por aceite térmico o vapor de agua dependiendo del sistema de calentamiento que brinde la máquina.

El calor en los campos de prefijado se distribuye homogéneamente y de manera constante y controlada por la rama termofijadora. Para evitar quemar el del tejido, en la parte superior de la rama se encuentran ductos de absorción de calor que evitan que luego del proceso de prefijado, el calor remanente cauterice la fibra.

Por último la tela se somete a un proceso de enfriamiento, por medio de ventiladores que poseen un sistema de regulación de aire. El aire circula de manera constante y controlada, para permitir que el enfriamiento se realice uniformemente y así, la fibra esté lista para ser procesada.

2.1.2. Preparación de la fibra

Previo a teñir la tela prefijada, se debe preparar según las especificaciones del cliente. La presentación depende en gran parte del tipo de tejido, ya sea de tejeduría circular o rectilínea. Así también, de los requerimientos de tintorería, esto hace a la fibra más fácil de trabajar.

2.1.2.1. Tejido tubular

El tejido tubular es una presentación exclusiva de la tejeduría circular, se denomina así, ya que la tela en todo el yardaje tiene la forma de un tubo. Este tipo de presentación es solicitada por el departamento de tintorería, debido a que algunas telas al ser abiertas tienen el inconveniente de enroscarse por las orillas, conllevando así a la generación de arrugas, las cuales son difíciles de eliminar luego de realizar el proceso de secado.

Algunas telas fluctúan demasiado dentro de la máquina de teñido generando fricción con los componentes metálicos, ocasionando desgarre del tejido, rotura, arañones, sobones, etc. Lo cual se elimina con el tejido tubular por no tener bordes. Hay que tener en cuenta que para trabajar telas tubulares se debe de contar con un adecuado equipo de corte, el cual generalmente se encuentra en la máquina de plisado, proceso durante el cual se abre la tela y se plisa para ser secada en la rama.

2.1.2.2. Tejido abierto

Es el tipo de presentación común de la mayoría de telas. Prácticamente la tela se encuentra desplegada en todo su ancho y es trabajada de esta forma en la mayoría de procesos. La tejeduría circular posee la opción de trabajar las telas ya sea en forma tubular o abierta, es más, toda la tela de tejeduría circular es tubular, se convierte en tela abierta al momento de activar una cuchilla que la corta. La tejeduría rectilínea solamente puede producir tejido abierto, por su diseño, el cual consta de diferentes cilindros acoplados unos con otros generando desde un inicio el ancho necesario de la tela.

2.1.2.3. Tejido costurado

El tejido costurado no es más que una tela abierta a la cual se le costura por ambas orillas, con el fin de convertirla en tubular para evitar problemas en la etapa de teñido. Algunas telas de tejeduría rectilínea se entorchan por las orillas si se tiñe con la tela abierta, por tal razón, se hace una costura para evitar este inconveniente.

La máquina que realiza esta acción es una costuradora tubular, la cual consta de varios sensores a su entrada que mantienen centrada la tela y guían a la misma, a través de unas pinzas que generan un dobléz para finalmente una por medio de una máquina de costura, realizar la puntada que une ambos extremos de la tela. A la salida, la máquina posee un rodillo de descarga que imparte fricción para que la tela se pliegue y pueda proceder a ser teñida.

2.1.3. Formulación

El proceso de formulación es la etapa durante la cual se seleccionan los diferentes colorantes y auxiliares de teñido. A su vez se plantea el método para teñir la tela de manera que se alcancen todos los requerimientos del cliente. El laboratorio de colores es el encargado de llevar a cabo esta tarea; sin embargo, se acostumbra que sea definido en conjunto con el encargado de planta de tintorería, debido que muchas veces la reproducibilidad de laboratorio-planta no es la misma.

El laboratorio se encarga de crear una receta mediante la cual se alcance el color necesario y esta se selecciona si cumple con varios parámetros requeridos.

La correcta selección de colorantes ayuda que la producción en planta sea exitosa y evita incrementar los costos de producción, debido que se pueden generar varias recetas y costearlas, entonces definir la receta más económica y que permita reproducirse en planta, evita costos de reproceso.

Uno de los puntos críticos de la etapa de formulación no es solo alcanzar el tono sino cumplir con los parámetros de solidez del cliente. La solidez se refiere en pocas palabras a determinar qué tanto destiñe la tela al ser lavada junto a telas de otro tipo de fibra. El laboratorio puede generar una receta que sea eficiente para alcanzar el tono, pero si al lavar la tela esta destiñe demasiado, es un problema de calidad que tiene que ver con la selección de colorantes. Por tal razón, la solidez juega un factor muy importante en esta etapa. Las distintas solideces que existen y que los clientes solicitan pueden ser las siguientes:

- Solidez doméstica (Norma AATCC 61-2A)
- Solidez al frote (*Crocking*) – se divide en seco y húmedo
- Solidez a la transpiración – se divide en ácidas y alcalinas
- Solidez a la luz, agua normal y agua de mar

También se plantean los productos a utilizar, con el objetivo de alcanzar varios acabados que la tela requiera, por ejemplo, introducir en fórmulas productos que imparten hidrofiliadad (*Wicking*), propiedades anti-microbiales, antiarrugas (*wrinkle free*), desmanchado fácil (*soil release*), protección ultravioleta (*UV protection 50-70*), etc. El proceso requerido para alcanzar el tono y los demás parámetros se define desde el mismo laboratorio al momento de producir una receta. Laboratorio dicta a que temperatura, gradiente, tiempo, se debe trabajar en planta para llegar a lo requerido.

2.1.3.1. Químicos y auxiliares

Durante el proceso de tintura, además, de los colorantes se emplean productos químicos industriales, conocidos como auxiliares de tintura. Estos materiales son empleados en subprocesos de teñido, con el propósito de obtener tinturas de alta solidez, tonalidad, sin quebraduras, entre otras características.

El aspecto más importante a considerar de los auxiliares de tintura, es el alto grado contaminante que estos deponen, dado los altos grados de demanda biológica y química de oxígeno en el agua, degradando así al medioambiente.

Debido al impacto negativo sobre el medio ambiente, organizaciones internacionales han restringido el uso de algunos de estos químicos con alta carga contaminante. Diversas entidades que velan por la aplicación constante de metodologías de producción más limpia en el rubro textil, han indicado los productos auxiliares que deben de evitarse y/o suplantarse por actuales insumos de tintura de carácter biodegradable.

De manera general los productos auxiliares se pueden clasificar de la siguiente forma: auxiliares de pre tratamiento, de teñido y pos teñido. A continuación se detallan algunos productos auxiliares utilizados en la tintura de nailon:

- Antiespumantes

Son productos orgánicos utilizados para prevenir o reducir la generación de espuma dentro de un baño de tintura. Los agentes antiespumantes son generalmente empleados para cada uno de los tratamientos que se realizan a las telas.

Durante el desarrollo del proceso de tintura, la aparición de espumas en el baño es un efecto secundario indeseable, que dificulta el llenado de los contenedores para la tintura a la cantidad requerida, incrementando el tiempo de producción. La espuma se forma al quedar atrapadas burbujas de aire durante los diversos movimientos que realiza una máquina de teñido como la agitación, inserción, dispersión y aplicación de tintes.

La espuma impide que los colorantes se dispersen adecuadamente sobre la fibra, ocasionando un reproceso de teñido o en ocasiones el desecho completo de la fibra. Para eliminar la espuma en el baño de teñido, se debe de utilizar antiespumantes que reúnan las siguientes características:

- Capaz de eliminar la espuma existente
 - Prevenir la formación de espuma
 - Liberar el aire, para facilitar que la espuma se situé en la superficie del baño
 - Insolubles en el colorante
 - Características dispersantes
- Descrudantes

Son productos utilizados en el proceso de descruce para eliminar las enzimas de los textiles y limpiar las fibras de grasas, aceites y otros productos utilizados en el proceso de tejeduría. Regularmente se componen de detergentes, secuestrantes y dispersantes con algunos otros aditivos, según el fabricante.

- Detergentes y emulsionantes

Son productos auxiliares empleados para disolver, emulsionar y dispersar la grasa y aceites en la fibra u otro material orgánico que intervenga en el proceso de teñido.

- Igualador

Los igualadores tienen la finalidad de distribuir homogéneamente un medio sólido en un líquido. Son empleados durante el proceso de tintura para asegurar una óptima penetración de los colorantes en la tela, previniendo así, un reproceso de tintura. No debe confundirse el término igualador con dispersante. Debido que el primero es el término correcto para la fibra nailon, que trabaja sobre la tela y atrae el colorante, mientras que el dispersante es el producto que distribuye los colorantes dispersos utilizados exclusivamente para telas poliéster.

En el mercado se ofrecen ambos para teñir nailon, pero el dispersante no es necesario para este tipo de fibra, es más tema de mercadotecnia para ofrecer un producto más en venta.

- Anti quiebres

Son productos cuya función es reducir el rozamiento fibra-fibra y fibra-metal en los procesos húmedos. Son utilizados generalmente cuando se emplean máquinas de teñido Jet, en donde la fibra y el baño de tintura se encuentran en movimiento a lo largo del proceso. Los anti quiebres funcionan como lubricantes evitando que se ocasionen arrugas, quebraduras, roturas y rozamientos en la tela.

- Secuestrantes

Es un agente auxiliar que tiene como fin eliminar los metales pesados y alcalinotérreos que contienen las fibras textiles. La combinación de agua y metales pesados, reducen o interfieren en el desempeño de auxiliares de teñido, detergentes y colorantes.

- Niveladores de pH

Son empleados en el proceso de teñido o acabado, donde es necesario mantener los niveles de alcalinidad constantes durante todo el proceso. Una de sus principales características es que permiten modificar la cantidad de pH necesaria y una vez, alcanzado el valor requerido se mantiene inalterado aun en altas temperaturas. El ácido acético es muy comúnmente utilizado en industrias textiles, como nivelador de pH.

Actualmente se emplean dos reguladores de pH, los cuales tienen su aplicación acorde a la intensidad de color que se necesite. El ácido acético es muy comúnmente utilizado por industrias textiles, como nivelador de pH. Es el producto genérico en la mayoría de fibras y se utiliza en la mayoría de procesos donde se requiera un pH bajo.

Existen en el mercado otros ácidos, los cuales no son recomendados para uso en nailon, tal es el caso del ácido fórmico, que degrada completamente la fibra. Para la etapa de teñido es recomendado usar ácido acético en tonos medios y oscuros.

Actualmente para tonos muy claros y de poco porcentaje de colorantes, se utiliza el donador de ácido. Este a diferencia del ácido acético permite variar el inicio de la etapa de teñido de un pH neutro hasta un pH ácido, por medio del incremento de temperatura. Esto ha permitido que el colorante ingrese en la fibra lentamente y no de súbito como sucede con el ácido acético, lo cual evita manchas de color, desigualación y ayuda a mejorar la reproducibilidad de fórmulas.

2.1.3.2. Colorantes

Un colorante es una sustancia obtenida natural o artificialmente para proveer de color a tejidos textiles. Los primeros colorantes utilizados en procesos de tintura fueron los naturales, los cuales pueden ser de origen vegetal o animal. Aunque son utilizados en la actualidad, los colorantes naturales cada vez son menos empleados en procesos de teñido, debido a que las combinaciones entre tintes naturales para la creación de nuevos colores son reducidas.

Con el desarrollo de la química orgánica, los colorantes sintéticos revolucionaron el mundo de la moda, ocasionando un aumento en la demanda de estos materiales.

Su aplicación en los procesos de tintura se debe a su gran versatilidad y durabilidad para todos los tipos de tejido. Los colorantes para el nailon se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Colorantes reactivos

Desde su descubrimiento en el siglo veinte, los colorantes reactivos han crecido en popularidad y aplicación en el rubro textil, por las sublimes propiedades de solidez al frote y lavado, colores vivos y brillantes, adaptación de los tejidos y los diferentes métodos de tintura que se pueden emplear. Los más utilizados se categorizan según su nivel de reactividad:

- De baja reactividad: deben de ser aplicados en temperaturas de 80-90 °C para su fijación.
- De reactividad media: se fijan a 60 °C
- De reactividad alta: necesitan de temperaturas entre 30-50 °C

Este tipo de colorantes son muy empleados en la tintura de nailon, debido a su bajo costo y alta solidez que estos proveen a la tela.

- Colorantes ácidos

Son muy utilizados para teñir fibra nailon, lana y seda. Su aplicación se realiza normalmente a un baño con temperaturas cercanas al punto de ebullición. Son capaces de brindar una alta solidez, brillantez y muchas tonalidades; sin embargo, la unión entre el colorante y la fibra puede ser complicada si los parámetros como el tiempo, temperatura, pH y relación de baño no son controlados apropiadamente.

- Colorantes pre metalizados

Fueron creados para ser teñidos directamente sobre la fibra, sin necesidad de recurrir a muchos auxiliares de teñido. Dependiendo del tipo de fibra proporcionan una buena solidez a la luz, solubilidad en agua, se pueden aplicar a baños de muy alta o baja acidez, poseen una alta rapidez de aplicación, facilidad de combinación y proporcionan un excelente brillo.

Su categorización está basada según la cantidad de moléculas de colorante que se pueden formar con iones de metales de transición, tales como: el níquel, cromo, cobalto, y cobre. Su clasificación puede ser:

- Pre metalizados 1:1: donde una molécula de colorante se une a un ion metal.
- Pre metalizados 2:1: donde dos moléculas de colorante se unen a un ion metal.

Aunque existen diversas formas de clasificar los colorantes, tales como afinidad química, según la fibra a teñir, por método de teñido a emplear, entre otros. La elección del colorante debe de ser con base a las exigencias del producto final. Además, costos de producción, capacidad, maquinaria y el diseño requerido. En la tabla IV, se muestra los colorantes recomendados a emplear, según la tela a utilizar:

Tabla IV. **Colorantes recomendados a emplear por fibra**

Fibra	Colorante
Celulósica (natural y artificial)	Directos, reactivo, a la tina, azufre, Naftol
Poliéster	Disperso y básico
Poliamida (nailon)	Disperso, ácido y pre metalizado
Acetato	Disperso
Lana y seda	Ácido, pre metalizado
Acrílico	Disperso, básico

Fuente: LOCKUAN LAVADO, Fidel Eduardo. La industria textil y su control de calidad. 2012. p.82.

2.1.3.3. Tricromía

Una correcta formulación para obtener un color y que sea reproducible en planta de producción, es aquella que incluye los tres colores básicos (azul, rojo y amarillo). Al procedimiento de la combinación de estos colores primarios, se le conoce como Tricromía.

Este procedimiento es empleado cuando los colores no quedan en la tonalidad deseada y necesita ser ajustado. De ahí que se necesite tener los tres colores básicos para combinarlos dependiendo el matiz que quiera dársele al color. En ocasiones los laboratorios de colores formulan tonalidades con varios colorantes del mismo tono, ocasionando problemas para ser ajustado a la hora que se necesite azul o amarillo.

La imagen 7 muestra un círculo cromático, en donde se observan las combinaciones que se deben de realizar para dar un nuevo tono. Generalmente los colores cian, amarillo y magenta son los empleados para la Tricromía.

Figura 7. **Colores primarios de adición (RGB y CMYK)**



Fuente: <http://www.proyectacolor.cl/teoria-de-los-colores>. Consulta: 18 de mayo de 2016

2.1.3.4. Relación de baño

Es la relación entre el peso del material a procesar y el volumen de agua a utilizar, para un proceso húmedo. De forma práctica se entiende como la cantidad de litros de agua a emplear por cada kilogramo de tela a teñir o a tratar. De modo abreviado, una relación de baño se representa como R/B.

Por ejemplo: en una máquina se posee 50 kilogramos de tela para tintura y la relación de baño indicada es 1/10; además, se emplearán 160 litros de auxiliares de teñido. El cálculo del tamaño óptimo del baño se realiza de la siguiente manera:

La R/B es: 1/10, es decir se necesitan diez litros de agua por cada kilogramo de fibra, entonces:

$$\text{Tamaño del baño} = 50 \text{ kg fibra} * \frac{10 \text{ l de agua}}{1 \text{ kg fibra}} = 500 \text{ l de agua}$$

Sin embargo, al baño de agua se le agregará 160 litros correspondientes a insumos de teñido, resultando lo siguiente:

Tamaño del baño óptimo = 500 l de agua - 160 l de insumos = 340 litros de agua

Se entiende entonces, que a mayor R/B en un proceso, mayor será el tamaño del volumen de agua, que de manera general conlleva las siguientes consecuencias:

- El consumo de agua limpia aumenta
- El consumo energético y térmico aumenta, ya que se necesitará más energía y vapor, para regular la temperatura del baño.
- Se generan más efluentes, los cuales se reflejan en costos por tratamiento de aguas residuales.

Las máquinas antiguas de teñido, empleaban relaciones de baño de 1/20 hasta 1/50, pero con el avance tecnológico e innovación en la elaboración de maquinaria para tintura, los equipos actuales trabajan con relaciones de baño 1/6 y 1/4. Actualmente Textisur labora a una relación de baño 1/12. La relación de baño debe de considerar un volumen suficiente para que las bombas de circulación funcionen sin inconvenientes.

En resumen, una relación de baño alta trae negativas consecuencias para el medio ambiente, sin embargo, una relación de baño baja, conlleva a una mala igualación y un mal proceso de tintura, es por esto que se debe de trabajar con una R/B óptima, teniendo en consideración los aspectos detallados.

2.1.4. Maquinaria y equipo

Para llevar a cabo un proceso de teñido de calidad, se debe de contar con el equipo y maquinaria adecuada a la fibra que se procesara, además, de considerar el tamaño, capacidad y tipos de procesos que se puedan desarrollar en la máquina.

Expertos en el rubro textil, aseguran que contar con el equipo de teñido adecuado, garantiza la calidad del producto final en aproximadamente sesenta por ciento. A continuación se describe la forma de operación, partes, características y parámetros de las máquinas Jet y autoclave, que son utilizadas en el departamento de tintorería para realizar los procesos de teñido de nailon 6 y 66.

2.1.4.1. Teñidora Jet

Las máquinas teñidoras Jet son utilizadas desde mil novecientos sesenta, para teñir telas de forma rápida, sencilla y con buena regulación de tinte. El uso de las Jet inició con la tintura de filamentos de poliéster, al observar que el proceso se realizaba de manera eficiente en un baño de tinte.

Siempre han existido diferentes tipos de máquinas Jet, las cuales han evolucionado hasta las más utilizadas hoy en día, las máquinas *Airjet* o *Jets Airflows*.

Este tipo de máquinas permite realizar procesos de teñido de fibras naturales o sintéticas en gran cantidad, ya que por su novedoso sistema de inyección de colorante se reducen tiempos de operación, se ahorra en energía y materias primas.

Figura 8. **Máquina teñidora Jet**



Fuente: <http://www.hiwtc.com/photo/products>. Consulta: 27 de noviembre de 2014.

El funcionamiento de una máquina Jet inicia con la preparación de los colorantes y auxiliares de teñido en un recipiente de alimentación, aquí un operario agrega los insumos al agua en un tiempo determinado del proceso. Luego esta composición es trasladada a presión por medio de una bomba a un intercambiador de calor, que modifica la temperatura del baño hasta la necesaria para teñir la fibra.

La composición a alta temperatura de colorantes y auxiliares es distribuida a dos partes de la máquina; la primera por medio de una bomba hacia la canasta, en donde se encuentra la tela en movimiento.

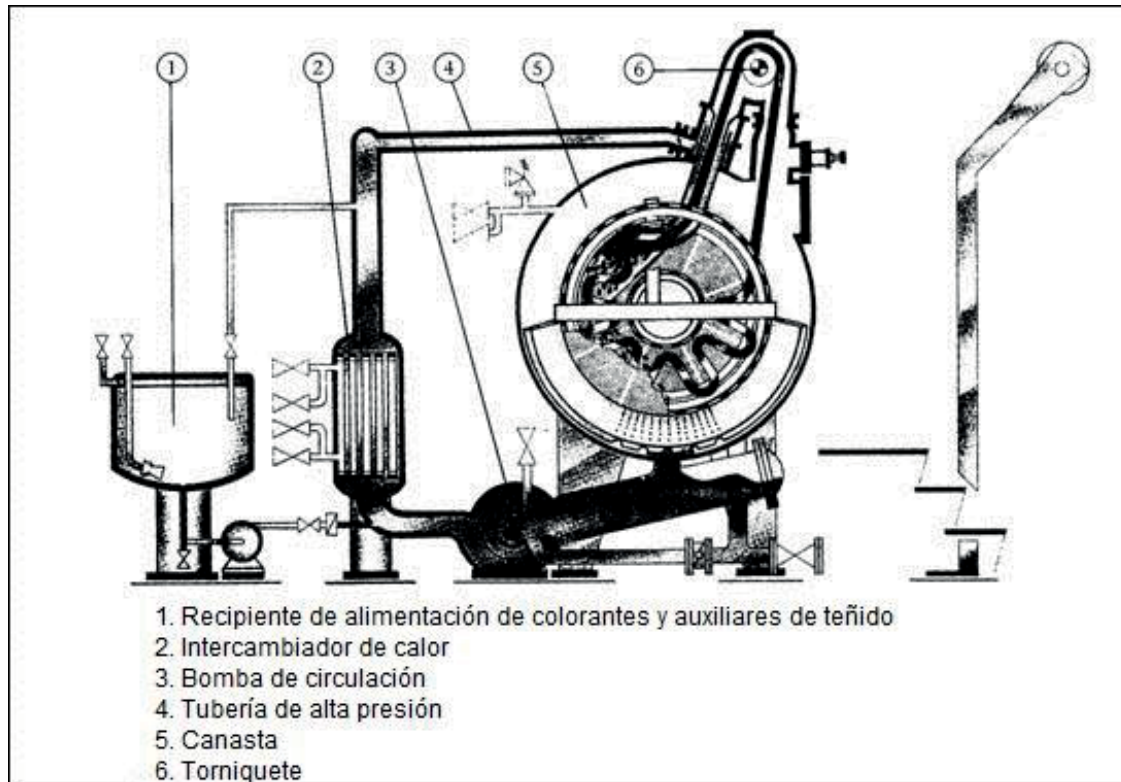
La segunda parte del baño es trasladada por una tubería de alta presión que permite mantener la temperatura hacia la tobera, la cual es un dispositivo de dos boquillas de diámetros diferentes, que convierte la energía térmica y presión del agua en energía cinética.

La tobera es la encargada de inyectar la composición de colorante y químicos hacia la fibra cuando esta se mantiene en circulación. Este dispositivo es el principal responsable de realizar la tintura de una fibra, ya que según estudios el ochenta por ciento de la tintura en un equipo Jet lo realiza la tobera y el veinte por ciento restantes, el baño con colorante que se localiza en la canasta de la máquina.

El sistema de inyección de colorante de la tobera, hace a la máquina Jet tan utilizada para el proceso de teñido, dado que la cantidad de agua e insumos utilizados se reduce por la circulación del baño. El agua con colorante que se encuentra en la canasta es transportada por medio de la bomba hacia la tobera, esta inyecta el colorante hacia la fibra, luego el remanente de colorante cae a la canasta y se realiza el mismo proceso una y otra vez, hasta completar el teñido.

Las bombas son las encargadas de la circulación del baño y el torniquete es el encargado del movimiento de la fibra a lo largo de la canasta. La tela ingresa a la fibra en forma de cuerda, luego se une el inicio y final de la fibra para permitir la circulación. Al movimiento completo de la fibra en la canasta se le conoce como vuelta, esta depende del tipo de fibra que se esté trabajando. Para la fibra nailon una vuelta se considera en dos minutos.

Figura 9. Partes generales de una máquina de teñido Jet



Fuente: dyes-pigments.standardcon.com/jet-dyeing-machine. Consulta: 20 de noviembre de 2014.

2.1.4.1.1. Parámetros

Los parámetros no son más que aquellos valores de velocidad del torniquete, posición de tobera y presión de bomba, para trabajar una determinada tela. Cabe mencionar que estos valores son diferentes para cada tipo de tela, en ocasiones telas del mismo gramaje (peso por yarda cuadrada), es el mismo o similar, pero depende mucho de la construcción, del tipo de hilo y de la fibra de la misma para determinar los parámetros para trabajarla en la máquina Jet.

Estos valores se obtienen por ensayo y error, ya que cada tela se comporta diferente en el proceso de teñido y así también, a lo largo del mismo puede presentar variaciones por la temperatura. Es por ello que al momento de iniciar un desarrollo de un tipo de tela nuevo, se inicie el proceso de tintura con los parámetros de máquina de alguna tela del mismo gramaje y a partir de ahí se va ajustando hasta encontrar los valores correctos.

A continuación se mencionan datos importantes para la correcta selección de parámetros de máquina jet:

- Tobera

Al tubo cilíndrico por donde se logra el proceso de teñido se le conoce como Tobera. Imaginemos un tubo más delgado dentro de otro, en el cual el tubo de diámetro mayor es la tobera y el menor la tela. Si el tubo menor es muy pequeño va a fluctuar demasiado a su paso dentro del tubo mayor y golpea contra las paredes.

Esta fluctuación se reduce ajustando la tobera. Esta pieza posee en ocasiones un ajuste el cual dentro del cilindro unas placas van saliendo provocando una reducción del diámetro de la misma y, a su vez, si se necesita un diámetro mayor, se ajusta por medio de un disco dentado en la parte exterior el cual no es más que un sistema neumático que cierra o abre dentro de la tobera las placas que ajustan el diámetro por donde pasa la tela. Las posiciones de tobera varían del 1 al 5. Siendo 1 la posición más abierta y 5 la más cerrada. De ahí que para telas pesadas se coloque la tobera en posición 1 y para telas muy delgadas se utilice tobera en posición 4 o 5.

Cuando una tela se está trabajando con los parámetros incorrectos, se observa que la tela golpea contra las paredes de la tobera, lo cual ocasiona sobones y arañones, que finalmente desacomoda la tela dentro de la canasta produciendo nudos, los cuales no permiten que la tela siga circulando y la cuerda se atasca en el torniquete provocando finalmente manchas, debido que la tela no pudo continuar circulando.

Si se trabaja con una tobera muy cerrada, aparecen marcas rectas en la tela (quebres parecidos a un paletón de pantalón de vestir), los cuales son muy difíciles de eliminar, debido que se forman por la alta temperatura y la presión que ejerció la tobera sobre la tela a su paso por esta.

- Torniquete

El torniquete o molinete (también llamado en ocasiones Redina) es el encargado de impulsar la tela para mantener la circulación de la tela dentro de la máquina. Debido que el movimiento de circulación de la tela se logra junto con la tobera, estas deben estar sincronizadas, ya que si la velocidad del torniquete es más alta que la capacidad de la tobera para absorber la tela, se forma una acumulación de tela que termina provocando un atasco de tela en tobera y la circulación se interrumpe.

Esto provoca quebres y marcas en la tela que ya no se eliminan; arrugas marcadas y manchas, que deberán eliminarse mediante un reproceso. Si la velocidad es menor a la necesaria, no se logra la vuelta de la cuerda en el tiempo necesario, con lo cual tendremos problemas con la igualación del color y la tonalidad del mismo no será correcta.

- Presión de bomba

Junto al parámetro de la velocidad del torniquete debe regularse la presión de bomba. A mayor relación de baño, debe aumentarse la presión de bomba, para que la circulación del baño y de la tela sea la correcta. Este valor se acostumbra ajustar en máquina en forma de porcentaje, siendo un valor de 50 – 100 %.

2.1.4.1.2. Cargas, cuerdas y yardas

Las cargas, cuerdas y yardas son una serie de procedimientos que se deben de realizar a la fibra, para llevar a cabo un proceso de teñido en una máquina Jet. A continuación se describen cada una de estas operaciones:

- Cargas

Es el procedimiento empleado para introducir la fibra a una máquina Jet. Se recomienda cargar la tela cruda a la máquina; sin embargo, dependerá del proceso a realizar, si la carga de la fibra se hace en crudo o ya preparada. Entendiéndose por crudo, cuando la tela no ha sido procesada y por preparada, cuando la fibra paso por un proceso de descrude y/o prefijado.

Para minimizar tiempos de carga de tela en máquina se puede realizar de dos maneras diferentes, cada una con sus respectivas ventajas y desventajas. La más utilizada en tintorería es la carga de tela de rollo a máquina, en la cual el rollo de tela cruda es llevado a la planta en donde se introduce un tubo de acero por el centro, y este tubo es colocado sobre dos bases metálicas con lo cual se logra la rotación del rollo, puede iniciar a cargarse la máquina.

El inconveniente de este tipo de carga es el tiempo que se requiere para llevar a cabo la acción, debido que por la rotación del rollo de tela sobre el tubo, se debe hacer a baja velocidad de lo contrario las bases ceden, botando el rollo. Dentro de sus ventajas de este tipo de carga, encontramos el poco manejo de la tela en planta con lo que se evita fallas de calidad como arañones, rasgaduras, sobones, manchas, entre otros.

El segundo tipo de carga utilizado es el de tipo plegado. Para lo cual se necesita una máquina plegadora que posee a su entrada dos rodillos recubiertos de caucho, en donde se coloca el rollo de tela a plegar. Se hace pasar la tela por una serie de rodillos, para finalmente por gravedad y movimiento de un rodillo de descarga, se logra el plegado, en el cual la tela queda en capas, las cuales se colocan en una carreta plástica o tarima, que son llevadas a la planta y de ahí se procede a cargar.

La ventaja de este tipo de carga es que minimiza al máximo el tiempo para este proceso, ya que permite cargar a velocidades de 100 m/min; de igual forma permite cargar varias cuerdas simultaneas, logrando de esta manera, cargar una máquina en menos de 10 minutos.

- **Cuerda**

Es el procedimiento que se realiza después de efectuar una carga, el inicio y final de la fibra se unen para formar una especie de lazo. La finalidad de esta operación es brindar un círculo cerrado a la fibra y así, no permitir que la tela sea enganchada o quede atorada dentro de la máquina.

Para unir ambas puntas y lograr formar la cuerda dentro de máquina, se acostumbra unir mediante nudos dobles y una segunda opción es costurarlos. Para el tipo de unión costurada debe chequearse que sea lo suficiente fuerte para soportar la tensión que imparte el torniquete. Depende del tipo de tela a trabajar y el tipo de máquina Jet, ya que en ocasiones la misma aguja que realiza la costura logra romper la cadena que une las fibras del tejido logrando que esta se desgarre a lo largo, provocando pérdidas por falla de calidad.

En estos casos, se recomienda utilizar nudos dobles: el nudo simple no se recomienda por la alta temperatura que alcanza la máquina; sin embargo, la tensión del torniquete en ocasiones logra que cedan y se rompa la cuerda de la máquina, lo cual provocará manchas y arrugas difíciles de eliminar.

- Yardas

Las yardas no son más que la extensión de tela que forma una cuerda. Se debe tener muy presente la cantidad de tela que ingresa a máquina, debido que si se sobrepasa la cantidad nominal, se incurre en la presencia de fallas de calidad. La falla de calidad más difícil de eliminar es excederse en yardaje dentro de máquina; esto ocasiona la marca de arrugado. Por medio de reproceso se logra disminuir, pero no eliminar por completo, queda la tela con mal aspecto.

2.1.4.1.3. Rendimientos

Al rendimiento de una tela es como se le denomina a la cantidad de yardas incluidas en un kilogramo de peso de fibra nailon. Para obtener dicho valor se puede partir del peso nominal y obtener la mejor aproximación por fórmula matemática, utilizando para ello el ancho nominal. Cuando se dice que una tela tiene 180 g de peso, se refiere a un metro cuadrado de dicha tela.

Por medio del siguiente ejemplo, se busca demostrar el procedimiento para obtener un rendimiento:

Tela nailon 100 % de peso nominal: 180 gramos y ancho 60 pulgadas, se debe cambiar los 180 gramos por metro cuadrado a metro lineal, para ello cambiar el ancho de la tela a metros, quedando de la siguiente manera:

- 60 pulgadas = 1.52 m
- 1 yarda = 0.9144 m
- 1 yarda = 0.25 kg
- Multiplicar el ancho por el peso: $180 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} * 1.52 \text{ m} = 274.32 \frac{\text{g}}{\text{m}}$
- Cambiar el resultado a yardas: $274.32 \frac{\text{g}}{\text{m}} * 0.9144 \text{ m} = 250.84 \frac{\text{g}}{\text{yarda}}$
- Esto indica que una yarda de dicha tela pesa 250.84 g = 0.25 kg

Dividiendo esto dentro de un kilogramo de peso, se obtiene el rendimiento de la tela:

$$250.84 \frac{\text{g}}{\text{yarda}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = \left(0.25084 \frac{\text{kg}}{\text{yarda}} \right)^{-1} = 4 \frac{\text{yardas}}{\text{kg}}$$

Es importante recalcar que el rendimiento mostrado anteriormente depende de manera muy intrínseca de los valores empleados para calcularlo. Dependiendo de las especificaciones del cliente, las características de la tela cambiarán, ocasionando que el rendimiento del nailon aumente o disminuya.

Textisur emplea en promedio un rendimiento de cuatro yardas por kilogramo de tela, este tiende a disminuir si se aumenta el peso por metro cuadrado y de igual manera si se incrementa el ancho de la tela. Por tal razón, el rendimiento de tela tiene una relación directamente proporcional con estos factores, los cuales se deben de controlar de manera constante para optimizar el uso de materiales en la producción.

2.1.4.2. Teñidora autoclave

Las máquinas autoclave son un equipo muy utilizado en las industrias de manufactura por sus diversas aplicaciones. Las autoclaves son recipientes herméticos generalmente contruidos de acero inoxidable, que soportan una alta presión y temperatura para realizar diversos procesos industriales. En la industria textil son utilizadas para la tinción de hilos o tejidos, elaborados de fibras naturales o sintéticas.

La característica de las autoclaves es que la tela se encuentra en reposo y el baño en movimiento. Esto es gracias a un sistema conocido como Porta materiales o *Beam*, en donde se pliega la tela o los conos de hilo para la tinción. El *Beam* es un cilindro metálico que posee diferentes orificios y un boquete circular en donde transita el baño de tinte. Alrededor de este se enrolla la fibra a teñir a cierta tensión, para luego ser introducido a la cámara de tintura hermética.

Figura 10. **Máquina autoclave de teñido**



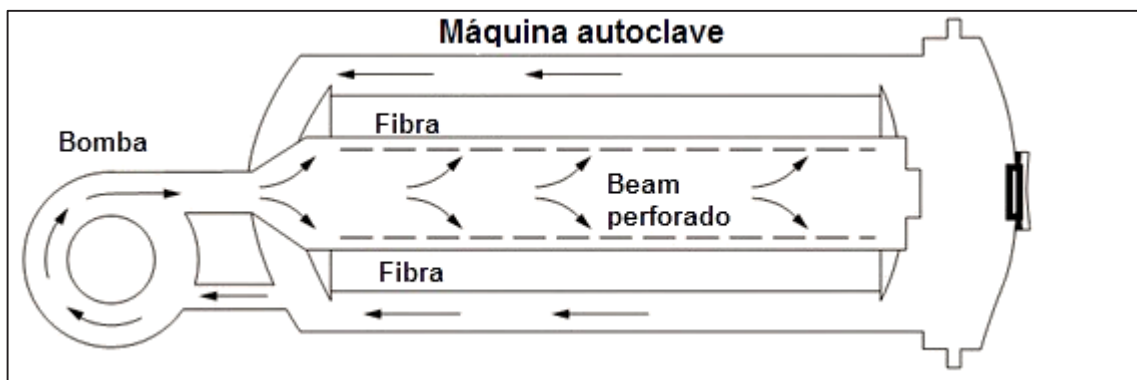
Fuente: PESOK, Juan. Introducción a la tecnología textil. Uruguay: Universidad de Montevideo, Facultad de Ingeniería, 2005. p .117.

El funcionamiento de la autoclave inicia con la inserción de colorantes y auxiliares al recipiente de alimentación; luego se prepara la fibra o los conos de hilo a teñir, enrollándolos al porta materiales para luego introducirlos a la cámara de teñido, la cual se cierra herméticamente.

El baño de agua y colorante es transportado por una bomba desde el recipiente de alimentación hasta el centro del *Beam*. El proceso de teñido inicia cuando una bomba por medio de presión y a la temperatura deseada, fuerza el baño de tintura hacia el exterior del porta materiales por medio de los agujeros que este posee, impregnándose así el tinte a la fibra.

El proceso se repite continuamente hasta lograr el teñido adecuado. La temperatura con la que se somete el proceso de tintura, depende del tipo de fibra. En la figura 11 se muestra el proceso, en donde las flechas indican el movimiento del baño de tintura a lo largo de la autoclave.

Figura 11. **Proceso de teñido en máquina autoclave**



Fuente: PESOK, Juan. Introducción a la tecnología textil. Uruguay: Universidad de Montevideo, Facultad de Ingeniería, 2005. p .118.

Es importante recalcar que la máquina autoclave es utilizada para la tinción de fibras delicadas, livianas y que pueden ser muy deformables. La fibra nailon generalmente se tiñe en una máquina autoclave, debido a su modo de operación la fibra no está en movimiento mecánico, por lo que se evita roturas y arrugas en el tejido.

Otra de las ventajas que ofrece la máquina autoclave es la capacidad máxima de producción que se puede realizar en ellas. Bajo condiciones de operación óptima, las máquinas autoclave pueden procesar en promedio un total de quinientos kilogramos de tela, lo cual reduce los costos totales de producción.

2.1.4.2.1. Enrollado

El enrollado es el procedimiento que se emplea para sujetar la fibra al *Beam* perforado, buscando que este procedimiento sea a la tensión necesaria para evitar que la tela dentro de la máquina autoclave, se debilite y ocasione malos acabados de teñido. El enrollado se realiza con una máquina enrolladora, en donde esta es colocada con la finalidad de brindarle la tensión necesaria para el rollo de tela, así quede suficientemente ajustado y este no se desprende durante el teñido.

Figura 12. Enrollado de *Beam*



Fuente: Fotografía tomada en empresa: Textisur, S.A.

2.1.4.2.2. Armado de *Beam*

Consiste en armar el *Beam* perforado, en donde previamente se plegó la fibra nailon, para que esta sea introducida en la canasta de la máquina teñidora. Este procedimiento se lleva a cabo equipando las partes mecánicas de la canasta y el *Beam*, para que el rollo de tela quede bastante ajustado y evitar las fugas de agua y colorante que pudiesen existir durante el teñido.

2.1.5. Teñido

Se conoce como teñido, al procedimiento en donde se involucra a maquinaria, colorantes y auxiliares de tintura, para brindar color a telas elaboradas de fibra natural o sintética. Un proceso de teñido difiere de empresa a empresa y de fibra a fibra, además, de la necesidad y personalización que se le desea brindar a la tela.

Dentro de la industria textil, el proceso de tintura es el más complejo debido a la formidable cantidad de procedimientos, parámetros y recursos que se deben de cumplir de manera precisa, para asegurar un producto final de calidad. Previo al proceso de tintura, se deben de realizar procesos de tratamiento a las prendas como el prefijado, descrude y neutralizado; con la finalidad de obtener la tela libre de suciedad, ceras, aceites. Y así, proveer propiedades de absorción que faciliten la impregnación de los colorantes.

Al finalizar el proceso de teñido, se realizan tratamientos tal como el fijado o lavado, para asegurar la calidad de las fibras teñidas. Con estos procesos se proveen características de resistencia a la luz, abrasión y estabilidad dimensional.

2.1.5.1. Curvas de teñido

Es la representación gráfica de un proceso de teñido de fibras, en donde se percibe todo el proceso, operaciones y materias primas involucradas. Consiste en una gráfica temperatura versus tiempo, en donde se establece el recorrido de la tela para ser teñida. Además, de los tiempos de operación por proceso, tiempos de muestreo de telas, mediciones de alcalinidad, temperatura a la cual se debe de someter cada tratamiento y los tiempos de adición de materiales.

Su aplicación es vital en el departamento de tintorería, para controlar la producción y servir de guía para los trabajadores del área. Para los proveedores de materias primas, es trascendental tener conocimiento de las curvas de teñido de sus clientes, puesto que permiten identificar los parámetros que se deben de controlar y así, adecuar los insumos que estos ofrecen al proceso, según las características de la fibra.

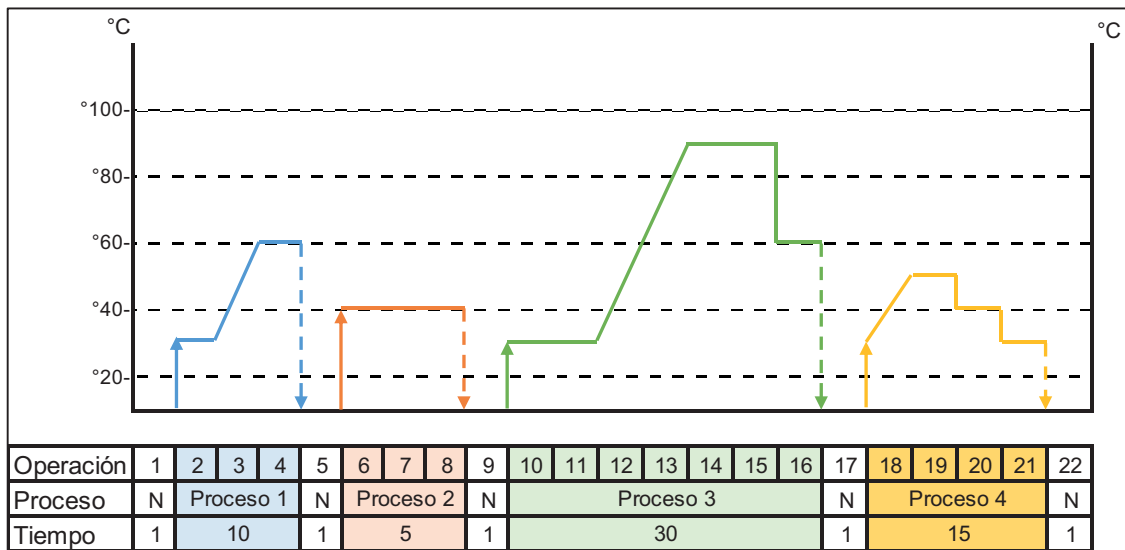
Al departamento de producción, les permite mantener una documentación de cada uno de los procesos de teñido, de los diferentes tipos de fibras que elaboran. Reduciendo con esto, costos y tiempos en el desarrollo de un nuevo proceso de teñido.

- Partes principales de una curva de teñido:

Aunque no existen estándares para las curvas de teñido, debido a que cada empresa las elabora según sus necesidades, existen algunas partes que se consideran vitales para elaborar una gráfica de tintura, las más importantes se describen a continuación:

- Información general: principalmente un número de registro, que permita archivar y mantener un orden. Además, de información de la empresa, tipo de proceso, tipo de fibra y maquinaria a utilizar.
- Gráfica temperatura vs tiempo: en donde el eje horizontal se especifica el tiempo de operación y el eje vertical para el control de la temperatura, todo bajo una escala determinada.
- Regla de control de proceso: en donde se indique el número, abreviatura y tiempo por operación.
- Nomenclatura: donde se indique el significado de las abreviaturas de las operaciones descritas en la regla de control.
- Íconos: que indiquen las mediciones o controles que se deben de realizar en el proceso.

Figura 13. **Curva de teñido**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 13, se muestra una gráfica de teñido, la cual no corresponde a ningún proceso de teñido en especial, únicamente se utiliza para propósitos demostrativos. De esta se denotan las siguientes características:

- Flechas hacia arriba: indican el ingreso de agua a la máquina que se está utilizando, hasta la temperatura y cantidad necesaria para cada proceso.
- Líneas horizontales: señalan una operación que se está ejecutando a temperatura constante, pero a tiempo variable.
- Pendientes positivas y negativas: indican que durante ese proceso la temperatura del baño se modifica respecto al tiempo, a esto se le conoce como: Gradiente. Por ejemplo, si existiera un gradiente cinco, significaría que el baño de agua aumentaría o descendería a razón de cinco grados centígrados por unidad de tiempo
- Flechas hacia abajo: señalan la salida del baño de agua en cada proceso.
- La regla de control: indica el número de operación, nombre y tiempo que conlleva realizar cada proceso, el tiempo regularmente se mide en minutos.

Es importante subrayar que, cada curva de teñido depende del tipo de proceso, maquinaria, color, fibra, empresa, entre otros factores. Ocasionalmente se puede repetir un mismo procedimiento muchas veces, acorde a las necesidades de la fibra y producto solicitado por el cliente.

2.1.5.2. Descrude

El proceso de descrude es aquel que se le realiza a los tejidos provenientes del departamento de tejeduría, con la finalidad de eliminar o reducir la cantidad de ceras y aceites que se emplean en hilar las fibras y formar lo que se le conoce como tela. Es un proceso indispensable en el área textil que debe de realizarse empleando detergentes y ablandadores que permitan limpiar ampliamente la fibra nailon.

Un mal descrude o el no realizar este proceso, conllevan a una mala tinción de la fibra nailon, puesto que las ceras y aceites que se encuentran en el nailon no permitirán la adecuada penetración del colorante a la fibra, ocasionando un teñido desigual con tonalidad diferente o manchas. De suceder un defecto en la fibra teñida, el lote de tela se rechazaría para un reproceso o en últimas instancias se desecharía.

Para realizar el proceso de descrude, se inicia con el llenado de agua de la máquina hasta el nivel necesario. Este procedimiento dependerá de la relación de baño que con la que la empresa trabaje, la modernización de la maquinaria, capacidades en volumen y en peso de tela de la máquina, entre otras. Al mismo tiempo del llenado, el agua se termo regula hasta una temperatura de 30 grados Celsius, este procedimiento dura alrededor de tres minutos. Luego se agrega el antiespumante en estado líquido, el cual evita la creación de espuma en la superficie del baño, durante un tiempo de tres minutos.

Se carga la máquina con la cantidad de tela a teñir, durante una operación manual en donde se emplean dos operarios empleando en total veinte minutos en el proceso.

Continúa con una temperatura de treinta grados centígrados, se realiza la adición de los químicos de descruce con un procedimiento que dura tres minutos. Los materiales a añadir son la soda *ash* y un detergente Aniónico, que permitirán a la fibra, liberar cualquier impureza dentro de su superficie que pueda reaccionar con los colorantes empleados para el teñido de nailon.

Posteriormente, se termo-regula el baño a gradiente cinco, hasta llegar a una temperatura de setenta grados centígrados durante diez minutos. A esta misma temperatura se deja que la máquina haga circular la fibra dentro de ella durante veinte minutos. Luego de este tiempo, el baño es retirado de la máquina de teñido, luego se procede a retirar la fibra cuidadosamente, para trasladarla al siguiente proceso. El descruce completo tiene una duración de aproximadamente 67 minutos.

2.1.5.3. Neutralizado

El proceso de neutralizado es un procedimiento simple y relativamente corto con respecto al tiempo, pero muy importante para el teñido de nailon, debido a que en este proceso se reduce la alcalinidad a la tela, ya que la fibra tiñe mejor en valores ácidos.

Durante el proceso de descruce la tela posee un nivel de alcalinidad alto, en valores de 9 a 12 en la escala de pH, debido a que la limpieza de la tela se realiza mejor bajo esas condiciones. El pH para teñir nailon debe concentrarse en un valor entre 4 a 4.5. Si se desea reducir lo alcalino a la fibra se debe de agregar ácido acético que posee una acidez de valor 2-3, esto permitirá regular este valor y que permitir la continuidad del proceso.

El proceso inicia con el llenado de la máquina teñidora hasta la cantidad de agua indicada por la relación de baño. El baño es termo-regulado hasta treinta grados centígrados. Al llegar a esta temperatura se le agrega el ácido acético en las proporciones previamente calculadas y el baño se pone en movimiento dentro de la máquina, con la finalidad que todo el nailon absorba la mayor cantidad de ácido acético. Posteriormente, el agua es descargada. El proceso completo dura trece minutos.

2.1.5.4. Teñido de fibra

El teñido es el proceso en el cual un colorante se adentra dentro de una fibra y le brinda lo que se le define como color. Este proceso es el más complicado de los procesos de producción textil, debido a la vasta cantidad de parámetros y variables que se deben de controlar, con la finalidad de asegurar que el proceso se realice adecuadamente.

Para este proceso es vital que la temperatura, tiempo, nivel de pH y la relación de baño se cumplan a cabalidad para evitar que el nailon no adquiera las características necesarias y/o se tenga que reprocesar o tomar como desperdicio un lote de producción.

El proceso inicia con el llenado de la máquina, para luego recalentar el baño a treinta grados centígrados con una duración de tres minutos, luego se agregan los químicos auxiliares, los cuales son: ácido acético, igualador, lubricante, entre otros a solicitud del cliente. Luego se da mantenimiento al lote durante tres minutos. Posteriormente, se dosifican los colorantes al baño y se le da mantenimiento al mismo durante diez minutos.

Luego de agregar los colorantes a la máquina, se realiza una medición de pH como un punto crítico de control del teñido, la medición debe de estar entre 4.0 a 4.5 del nivel de acidez, para continuar con el proceso. De no ser así, el proceso se detiene y se agrega ácido acético para reducir el nivel de alcalinidad hasta los parámetros deseados. Posteriormente, se termo-regula el baño a gradiente 1, hasta llegar a los ciento cinco grados centígrados; este procedimiento dura una hora con quince minutos.

Consecutivamente se deja en movimiento el baño de teñido durante cuarenta y cinco minutos, al finalizar este tiempo se realiza nuevamente una termorregulación a gradiente 2, durante dieciocho minutos. Al finalizar el baño se encuentra a una temperatura de setenta grados centígrados y en ese momento se realiza nuevamente una muestra de medición de pH, cuyo nivel de acidez debe de permanecer entre 4.0 a 4.5; adicionalmente de una muestra de tela la cual un operario recorta del lote para luego ser trasladada al laboratorio de control de calidad, con el fin de hacer comparativas entre requerimientos y producción; esto permite asegurar que el lote teñido cumpla con las especificaciones del cliente.

Posteriormente, se descarga el baño de agua y tinte, proceso que dura cinco minutos. El proceso de teñido tiene una duración aproximada de tres horas.

2.1.5.5. Fijado

El proceso de fijado se realiza posteriormente del proceso de tintura; este consiste en reafirmar las características y propiedades del nailon, por medio de químicos que brindarán brillantez, buena tonalidad y mantendrán una buena solidez de los colores mediante el uso posterior de la tela.

Durante el proceso de fijado se emplea un fijador cuya fin es crear una reacción química-térmica que permite una atracción del colorante aún disperso en el baño de teñido, hacia la tela. Esto permite aumentar la solidez de la fibra, ya que la mayor cantidad de colorante ingresa a la misma y le brinda una buena tonalidad.

El proceso inicia con el llenado del baño a una temperatura de treinta grados centígrados, donde se dosifican los químicos de fijado y ácido acético. Este procedimiento tarda alrededor de veintitrés minutos. Luego se toma una muestra de pH al baño de teñido, en donde esta medición se debe de encontrar en un rango de 5-5.5 en la escala de alcalinidad, de no ser así se agrega agua y ácido acético hasta obtener una medida en la escala propuesta.

Posteriormente, se termo regula el baño a gradiente cinco empleándose diez minutos en alcanzar los ciento cinco grados centígrados. El baño se mantiene en movimiento durante veinte minutos y luego el agua es descargada, tardándose siete minutos en retirar el baño completo y la fibra.

En algunas ocasiones, el proceso de fijado se realiza por segunda vez, llevando a cabo las mismas operaciones y en el mismo tiempo descrito anteriormente. La razón de esta decisión recae sobre el departamento de producción, luego de haber analizado el proceso y todos sus puntos de control, pueden optar por otro fijado para obtener la tonalidad y solidez que el cliente está solicitando.

2.1.5.6. Lavado

El proceso de lavado es el proceso final de la tinción de nailon, este es básicamente introducir la fibra en un baño de agua, para eliminar las impurezas y restos de colorante que pudiesen estar aún presentes en la fibra. Dependiendo de la tonalidad y tipo de tela, se emplean dos diferentes tipos de lavado.

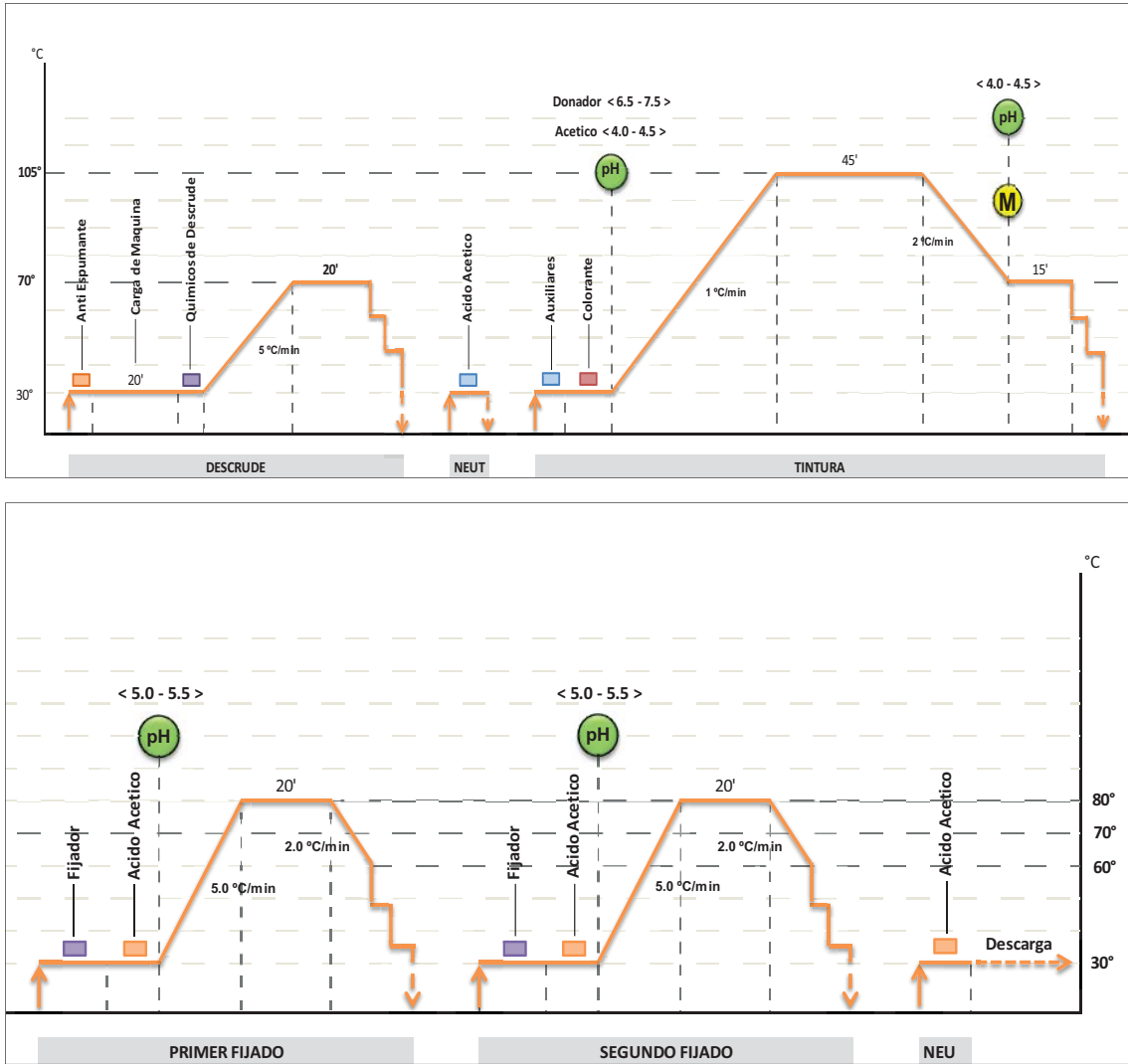
2.1.5.6.1. Lavado a rebalse

Consiste en insertar agua en la máquina de teñido a cierta temperatura y cantidad en litros, de manera que al llenarse completamente el baño esta sea retirada y llenada nuevamente, durante un determinado período.

2.1.5.6.2. Lavado continuo

Radica en insertar agua a la cantidad requerida por la máquina teñidora, durante una temperatura y tiempo constante. Este procedimiento es más pausado y largo que el lavado a rebalse y es muy empleado para lavar la fibra nailon, debido a que el movimiento del nailon es más suave y eficiente.

Figura 14. Proceso actual de teñido para fibra nailon



Fuente: elaboración propia.

2.2. Evaluación de P+L del proceso de teñido de fibra nailon

Se conoce como producción más limpia (P+L) a la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, que busca hacer de los procesos, productos y servicios más eficientes; además, mitigar los efectos negativos derivados de los procesos productivos y reducir los riesgos para personas y el medio ambiente. Esta gestión empresarial-ambiental viene implementándose en las empresas desde los años 90, época en donde se identificó que los procesos productivos eran generadores de desechos, residuos y emisiones que afectaban al medio ambiente, contaminando los recursos naturales.⁸

Las industrias han observado que al aplicar lineamientos de producción más limpia a las plantas de producción se reducen costos operativos, se dan ahorros en materias primas e insumos y se logra reducir el desperdicio, dando así rentabilidad a sus procesos industriales. Además, evitan ser multadas por entidades ambientales nacionales e internacionales que vigilan por que los procesos productivos sean eco-amigables.

La implementación de producción más limpia busca pasar de un proceso ineficiente correctivo de la contaminación, a uno eficiente de prevención en la fuente de la contaminación, haciendo énfasis en el reciclaje/reuso, sustitución de materias primas, ahorro de materias primas, uso racional del agua y la energía eléctrica.

El proceso de reducción de la contaminación consta de dos partes principales: Prevención por medio de la reducción en la fuente, reciclaje/reuso y el control por el tratamiento y disposición final.

⁸ Guía de buenas prácticas ambientales para el sector textil. Centro Guatemalteco de producción más limpia.

Figura 15. **Enfoque piramidal del manejo de efluentes**



Fuente: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. *Guía general de producción más limpia*. Bolivia: CPTS, 2005.p.196.

La implementación de esta metodología tiene beneficios técnicos, económicos, administrativos y ambientales. Al hacer más eficiente el uso de materias primas e insumos se reducen costos de producción, se incrementan las ganancias para la empresa, se reducen los impactos negativos al medio ambiente y se mejora la imagen de la empresa en el mercado.

Para realizar una evaluación de producción más limpia al proceso de teñido de nailon, se procede a identificar los principales aspectos del proceso actual que pueden incurrir en la optimización de los recursos o métodos de tintura.

El análisis operativo describirá brevemente los pasos necesarios para la elaboración de un proceso de teñido por medio de un diagrama de flujo, el cual describirá en orden jerárquica los procedimientos indispensables en el teñido de nailon.

Para el análisis ambiental se utilizará el diagrama de entradas y salidas de los procedimientos detallados en el diagrama de flujo, a diferencia de que en este se identificarán todos los recursos que entran y salen del proceso.

2.2.1. Diagrama de flujo del proceso

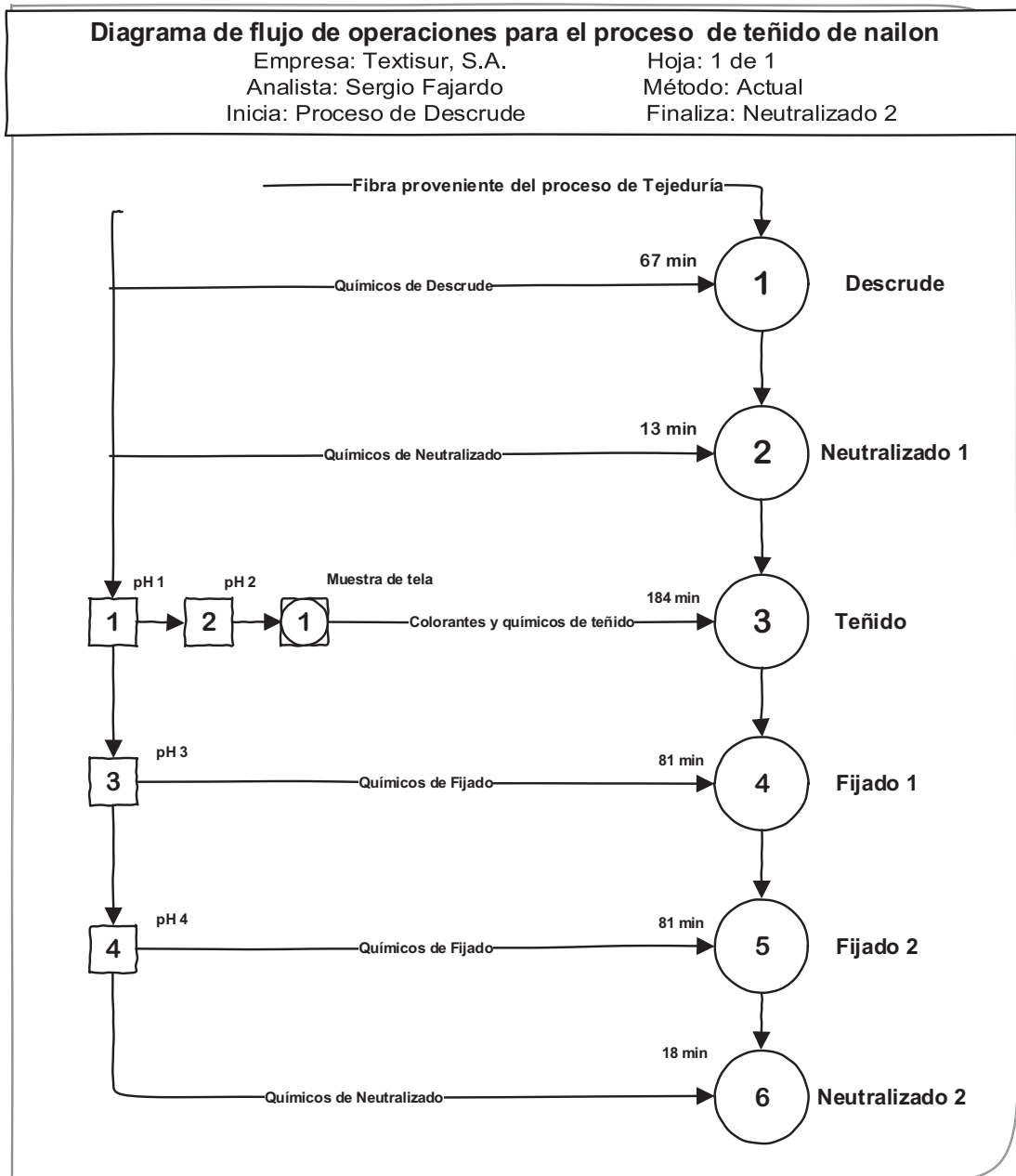
El diagrama de flujo de proceso es una herramienta de análisis gráfica, que indica los pasos cronológicos de una secuencia de actividades para realizar un procedimiento o proceso, identificando cada tarea a llevarse a cabo mediante símbolos que indican la naturaleza de la acción. Además, manifiesta toda la información necesaria para el análisis como: distancias recorridas, número de actividades y tiempos.⁹ A continuación se describe brevemente la simbología empleada en el diagrama de flujo de procesos:

- Operación: cuando se efectúa un cambio o transformación a algún componente o producto, ya sea por medios físicos, químicos o mecánicos. Se representa mediante un círculo.
- Inspección: es la acción de controlar que la operación se efectuó de manera correcta o verificar la calidad de un producto. Su símbolo es un cuadrado.
- Transporte: es la acción de movilizar un elemento o material de un sitio a otro, de una operación a otra o de una bodega a una operación. Su símbolo es una flecha apuntando hacia el este.
- Demora: Se presenta cuando una operación debe de esperar a otra para continuar, generalmente cuando existen cuellos de botella o en dado caso el proceso exige una demora. Se representa mediante una D mayúscula.

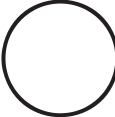




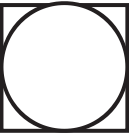
⁹ Criollo García, Roberto. Estudio del Trabajo. Pág.102

- Almacenamiento: Para informar que un material viene de una bodega de materia prima, producto en proceso o producto terminado. Su símbolo es un triángulo inverso.

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso actual de teñido de nailon



Continuación figura 16

Resumen				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		6	444	0
Transporte		0	0	0
Inspección		4	40	0
Demora		0	0	0
Almacenaje		0	0	0
Inspección + operación		1	10	0
Total		11	454	0

Fuente: elaboración propia.

La figura 16 muestra la secuencia de operaciones para llevar a cabo el proceso actual de teñido de nailon, en el cual se emplean un total de 11 operaciones diferentes, considerando un tiempo promedio de cuatrocientos cincuenta y cuatro minutos para ejecutar un proceso de producción.

2.2.2. Recursos que entran y salen del proceso

Se presenta a continuación los recursos utilizados para realizar el proceso de tinción de nailon y todos los desechos y/o residuos derivados del proceso de producción, los cuales serán posteriormente representados por un diagrama de entradas y salidas.

2.2.2.1. Materias primas e insumos

El proceso de teñido es uno de los más complejos en la industria textil, no solamente por la numerosa cantidad de procedimientos que se deben de ejecutar, sino también, la cantidad de materias primas e insumos que estos deben de considerarse para obtener una tela con buenas características y acabados. Algunos de los recursos que se necesitan para este proceso, se detallan a continuación:

- **Tela:** es la materia prima principal proveniente del proceso de tejeduría, en donde se utilizan una innumerable cantidad de hilos de material natural o artificial, para entretrejerse y formar lo que se conoce más comúnmente como tela.
- **Colorantes:** se puede definir como una sustancia capaz de ser aplicada a un sustrato, impartándole color. Pueden presentarse en forma granulada o en soluciones acuosas y no acuosas, que por medios químicos, físicos y térmicos son adheridos a la fibra. El nailon 6 y el nailon 66 se pueden teñir con tintes reactivos, ácidos y pre metalizados.
- **Químicos auxiliares:** son insumos utilizados a lo largo del proceso de teñido que brindan características únicas a las fibras textiles, los principales químicos auxiliares de indican a continuación:

- Agentes solubilizantes de color: son empleados para disolver grandes cantidades de color en pequeñas cantidades de agua, son generalmente utilizados en el proceso de fijado.
- Agentes humectantes: empleados para lograr una adecuada tinción a través del remojo completo de una fibra textil en un medio acuoso.
- Agentes purificadores y ablandadores: la calidad de agua es de suma importancia en el proceso de teñido, las impurezas insolubles y sales de metales pesados pueden afectar la tinción de la fibra. Estos agentes atrapan los restos de hierro, calcio y magnesio que el agua posee para asegurar la tonalidad de color y con esto evitar la falta de brillantez en la tela.
- Aceleradores de teñido: son empleados en el proceso de tintura por agotamiento de fibras sintéticas, para incrementar la rapidez de absorción de los colorantes hacia la fibra.

2.2.2.2. Agua

Luego de la preparación de la fibra, el nailon se transporta por medio de agua desde el proceso de descrude hasta el lavado final, antes que la tela sea dispuesta al empaque y embalaje. El agua es el principal recurso en el proceso de teñido, puesto que todos los colorantes y químicos auxiliares son dispuestos en este líquido, para luego por medios químicos y termo físicos ser trasladados a la fibra.

El agua empleada a lo largo de todo el proceso es suministrado por unidades de bombeo, éstas vierten el agua acorde a la cantidad en kilogramos de fibra que se teñirá.

El agua durante el proceso sufre variaciones en cuanto a temperatura y calidad, debido a que el proceso de teñido se realiza a temperaturas que van desde los treinta grados celsius hasta ciento cinco grados celsius para el proceso de teñido de nailon.

Durante los subprocesos tales como tintura, descrude, neutralizado, fijado y lavados, el agua es cambiada constantemente, puesto que, cada proceso necesita de agua sin contaminantes para que los químicos y auxiliares de teñido hagan efecto sobre la fibra, así garantizar que la tela sea teñida correctamente. Debido a la intensiva cantidad de agua utilizada en el proceso de teñido, este vital líquido abarca entre el ocho y diez por ciento de los costos de producción.

2.2.2.3. Energía

El consumo de energía eléctrica para el proceso de teñido es bastante alto, debido a que la empresa posee cerca de quince máquinas teñidoras, las cuales son alimentadas las veinticuatro horas del día para alcanzar los niveles de producción deseados. Las máquinas empleadas tienen una potencia de entre ocho mil watts hasta veintidós mil watts, siendo estas últimas las de mayor capacidad de producción.

Adicionalmente de las máquinas de teñido, se debe de considerar la iluminación artificial y demás maquinaria servible en el proceso de producción. La empresa satisface su necesidad de energía eléctrica mensual, por medio de una generadora que utiliza carbón como material de combustión y así, por este medio suministrar electricidad a toda la planta de producción y oficinas.

2.2.2.4. Efluentes

Considerando que el agua es el recurso más utilizado dentro del proceso de teñido, la empresa genera residuos líquidos con características propias, provenientes de cada subproceso. El proceso de teñido en la industria textil, genera cerca del cincuenta y sesenta por ciento del total de agua descargada con aceites, químicos, grasas, detergentes y colorantes. A continuación se detallan las características de las descargas por proceso:

- Descrude: descarga de detergentes, emulsionantes, secuestrantes, antiespumantes, solventes, partículas en suspensión y suavizantes
- Lavados: agua con restos de aceites y grasas que fueron incorporadas a la fibra en el proceso de tejeduría y detergentes, partículas en suspensión.
- Teñido: descargas con colorantes, igualadores, dispersantes, antiespumantes, estabilizadores de pH y secuestrantes de dureza. Descargas con restos de metales como: cobre, aluminio y hierro.
- Neutralizado: agua con alta demanda de oxígeno.
- Fijado: agua a altas temperaturas y con alta demanda de oxígeno.

2.2.2.5. Emisiones

Las emisiones al aire son resultado de los procesos de producción, en donde se utiliza algún equipo que consume combustibles para su funcionamiento. El proceso de teñido en la industria textil es el que genera menor cantidad de emisiones atmosféricas, en comparación a los procesos de hilado, tejido y acabados. Sin embargo, debido a la enorme cantidad de energía eléctrica y de vapor que el proceso de teñido necesita, las emisiones son provenientes de calderas y plantas generadoras de electricidad.

- Dióxido de carbono, proveniente de montacargas, de la planta generadora de electricidad cuando se utiliza bunker o carbón.
- Vapor, proveniente de calderas.
- Ruido, proveniente de las máquinas teñidoras y demás máquinas utilizadas en el proceso de producción.
- Motas o pelusa, derivado de los procesos de hilatura, tejido y teñido, específicamente en el descrude y enjuagues.

2.2.2.6. Residuos

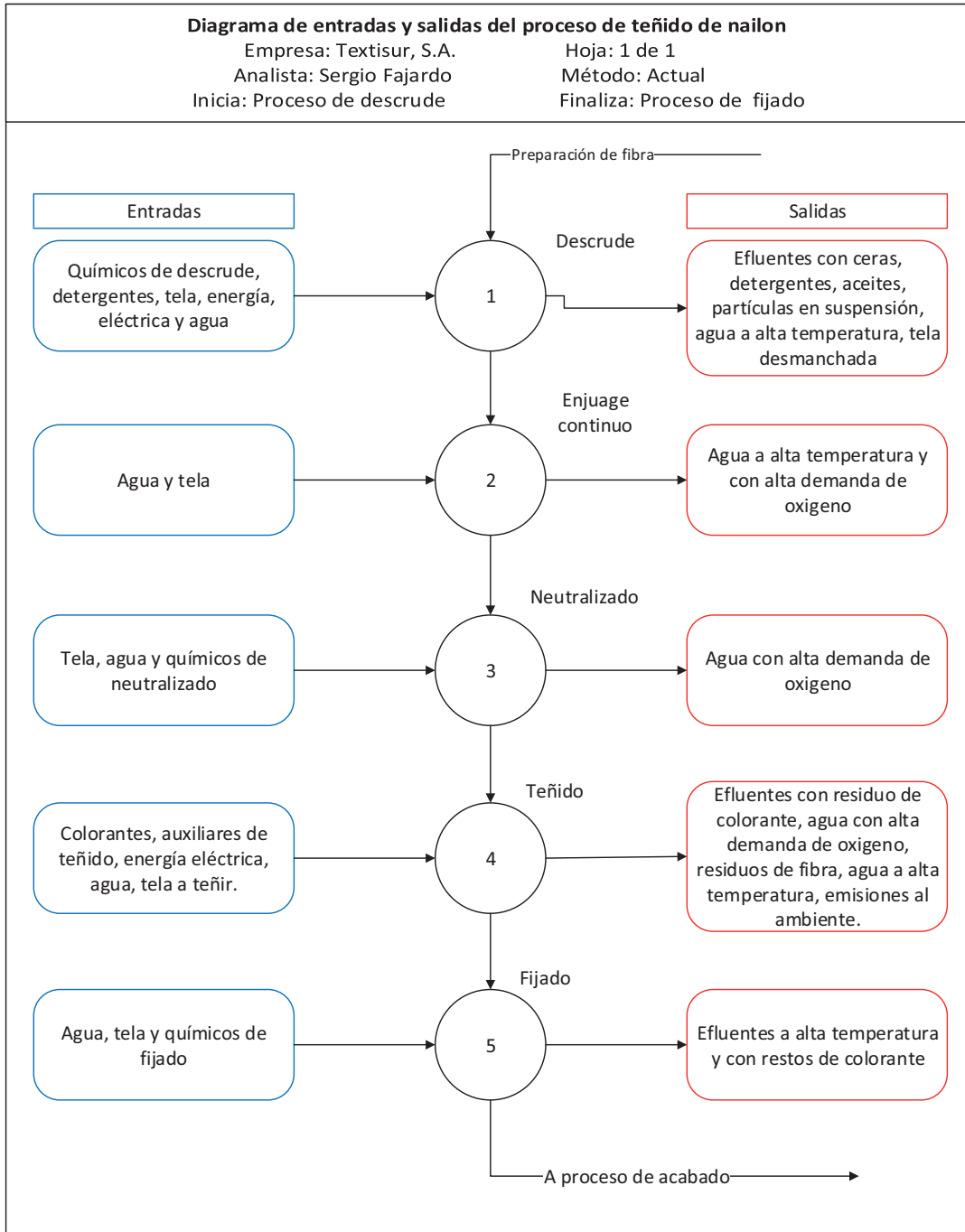
- Sobrantes de tela, provenientes del proceso de prefijado.
- Cartón, papel y plásticos, provenientes del embalaje y empaque de materias primas y auxiliares de teñido.
- Envases o contenedores, provenientes de químicos y colorantes.
- Perdidas de tela, por un inadecuado tratamiento a las fibras en los procesos de fijado, descrude o neutralizado, desperdicio o sobrantes de tela por un mal proceso de teñido.

2.2.3. Diagramas de entradas y salidas

Un diagrama de entradas y salidas es la representación de los recursos que entran a un proceso productivo (agua, energía eléctrica, materias primas, etc.) y los residuos o resultados provenientes de la transformación y uso de dichos recursos (residuos sólidos, emisiones, productos, etc.). También conocido como balance de entradas y salidas, este permite establecer una serie de indicadores para evaluar la eficiencia de los procesos productivos de una industria.¹⁰

¹⁰ Guía de buenas prácticas ambientales para el sector textil. Centro Guatemalteco de producción más limpia.

Figura 17. Diagrama de entradas y salidas para el teñido de nylon



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Diagnóstico del proceso de teñido de fibra nailon

El diagnóstico propone identificar los puntos críticos para optimizar económica, ambiental y técnicamente el proceso de teñido mediante metodologías de producción más limpia como la sustitución de insumos y materias primas de carácter biodegradable, uso eficiente de los recursos y buenas prácticas operativas.

Para esto se pretende analizar las partes del proceso actual, identificando los procesos deficientes, las características de los nuevos insumos y diseñar un nuevo proceso con base a la necesidad de la fibra, con la finalidad de obtener un proceso eco-amigable. Además, de identificar las operaciones que no agregan valor al proceso productivo y que al eliminarlas o reducirlas, disminuyan los costos de operación a la empresa.

2.2.4.1. Forma actual del teñido de fibras nailon

El proceso de elaboración de fibra nailon se implementó en el año 1998, este consiste en tres procesos principales: hilatura, tejeduría y teñido. El proceso de teñido de nailon en el cual se basa esta investigación contiene varios subprocesos, siendo estos los descritos desde el inciso 2.1.5.2. hasta el 2.1.5.6.2.

Luego de analizar del proceso actual de teñido se determinó que los materiales que intervienen en este proceso no han sido modificados o suplantados desde la implementación del proceso de elaboración de fibra nailon.

En 1998, la empresa inició la línea de teñido de fibra Nailon haciendo uso de químicos y colorantes de la época, en las cuales no existían muchas reglamentaciones respecto a procesos productivos que fueran amigables con el medio ambiente, por lo que se establece como insumos y materias primas anticuadas.

Los proveedores de las empresas textiles en ese tiempo ofrecían productos que no eran biodegradables, estaban hechos a bases de solventes y químicos que hacían difícil el tratamiento de aguas residuales, así también, afectan a los tejidos debido a la cantidad de olores que estos deponen en ellos. Al proceso de teñido de nailon se le han realizado muy pocas modificaciones, prácticamente se tiñe de la misma manera en la actualidad. Luego de un análisis que la empresa realizó de las materias primas e insumos, se identificó que existen productos que pueden ser sustituidos por materiales recientes y con características biodegradables.

La implementación de nuevos materiales de teñido modificará los costos actuales del proceso, es por esto que es importante describir y analizar los costos actuales de teñir, para luego realizar un análisis financiero y comparativo que indique las ventajas económicas que conllevaría la introducción de productos de carácter biodegradable al proceso actual.

2.2.4.1.1. Costos asociados al proceso actual

Se detallan los costos aproximados para un proceso de teñido en donde se involucran los procedimientos de teñido descritos anteriormente. Los procesos que se costearán son: descrude, teñido, fijado, neutralizado y lavado.

Además, es importante recalcar que los costos presentados poseen una incerteza con respecto a los costos reales en un veinticinco a treinta y cinco por ciento. Debido a razones de confidencialidad de la información de la empresa y variaciones en los costos de recursos como el agua, energía eléctrica y materiales.

Dado a que un proceso de teñido tiene diferentes variaciones, tales como la cantidad de yardas a teñir, capacidad en litros, en yardas de fibra, potencia eléctrica de las máquinas de teñido, cantidad e insumos empleados, entre otros. Nunca existirá un proceso con un costo similar o idéntico a los demás, por motivos de ejemplificación de los costos se consideraron ciertos factores como estándar para desarrollar un desglose de costos aproximado, los cuales se detallan a continuación:

Tabla V. **Consideraciones para el cálculo de costos de producción**

Factor	Dimensional	Descripción
Relación de baño	kg/l	Para teñir un kilogramo de tela se emplearán doce litros de agua.
Rendimiento de máquina	Yardas/kg	El rendimiento promedio de producción para el proceso de teñido será de cuatro yardas por kilogramo de tela nailon.

Continuación tabla V

Energía eléctrica	kWh	El costo del kWh para el sector industrial con IVA, será de Q.1,28.
Potencia de máquina	watts	La potencia de la máquina será de 22000 watts.
Producción por lote	Yardas	En promedio, durante un proceso de teñido se tiñen 400 kg de fibra nailon, es decir 1600 yardas.
Tiempo de producción	Horas	El tiempo completo para realizar un proceso de teñido, será de 7,33 horas.
Agua	m ³	El costo de un m ³ de agua será de Q.1,9712
Costo de mano de obra directa	Q.	El costo de la mano de obra corresponde a Q.72,36 diarios .El costo por hora es de Q9,05 y se contemplaran 2 operarios por máquina para elaborar un proceso completo, es decir se contemplan 7,33 horas de paga por colaborador.
Costo de tela	Q.	El costo de kilogramo aproximado de tela proveniente del proceso de tejeduría será de Q7,68
Costo de insumos	Q.	El costo de insumos en total será de Q2 158,00, según lo calculado para un proceso de teñido

Fuente: elaboración propia.

El costo del kWh para el sector industrial con IVA, será de Q1,28. Este puede sufrir variaciones mes a mes, los cuales se pueden observar en el anexo 1. Así también, se debe de especificar que el costo de un m³ de agua será de Q.1,9712 según el cálculo realizado con base a los precios de servicio de agua por rangos de consumo, publicados por la Municipalidad de la ciudad de Guatemala, incluyendo costos de alcantarillado y cargos fijos. Ver Anexo 2.

En la tabla VI se especifican los costos aproximados para realizar un proceso de producción en la actualidad, tomando en consideración los valores unitarios de los recursos como se observan en la tabla V. Para observar el cálculo de insumos por proceso observar el apéndice 1.

Tabla VI. **Costos aproximados de un proceso actual de teñido de fibra nailon**

Recursos de entrada	Recurso	Consumo	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
	Agua potable	36 m ³	Por proceso completo	Q 1,9712 / m ³	Q 70,96
	Energía eléctrica	146,6 kW	7,33 horas	Q 1,283072 / kWh	Q 1 378,76
	Total recursos de entrada				Q 1 449,72
Insumos por proceso	Proceso		Repeticiones	Costo por proceso	Subtotal
	Descrude		1	Q 68,51	Q 68,51
	Neutralizado		2	Q 6,00	Q 12,00
	Teñido		1	Q 782,57	Q 782,57
	Fijado		2	Q 647,94	Q 1 295,88
Total insumos					Q 2 158,96
Materia prima	Materia Prima		Cantidad	Costo unitario	Subtotal
	Fibra nailon		400 kg	Q 7,68 /kg	Q 3 072,00
	Total materia prima				
Mano de obra directa	Numero de empleados por máquina		Costo por hora	Horas por operario	Subtotal
	2		Q 9,05	7,33	Q 132,67
	Total mano de obra directa				
Costo total de producción					Q 6 813,36

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Deficiencias del proceso actual

Luego de analizar cada parte del proceso actual y evaluar los aspectos ambientales del mismo, por medio de una evaluación con base a lineamientos de producción más limpia se detectaron tres tipos de deficiencias principales: deficiencias técnicas, económicas y ambientales. Se descartan para este proyecto las deficiencias legales, financieras y administrativas que lograrán surgir, debido a que estas dependen de factores externos que no pueden ser controlados.

- Deficiencias técnicas

Se puede definir como deficiencia técnica a aquellos inconvenientes que surgen de los métodos de trabajo, procedimientos, procesos y operaciones por parte del personal. Además, de las materias primas e insumos utilizados, maquinaria y equipo, entre otros. Aunque la falta de supervisión y control se puede expresar como deficiencia técnicas esta se contempla más como una deficiencia administrativa. Este tipo de deficiencias están relacionadas intrínsecamente con aspectos económicos. Son generadoras de contaminación y aspectos que afecten al medio ambiente.

- Deficiencia económica

Es aquella que se deriva de un procedimiento o método inadecuado que afecta al presupuesto de la empresa y no permite satisfacer sus necesidades ampliamente, ya que cualquier falla en los métodos de producción, afectarán al producto final en su costo y por ende su precio de venta, que repercute finalmente en las ganancias proyectadas de la empresa.

- Deficiencia ambiental

Son todos aquellos efectos que se tienen consecuencia sobre el medio ambiente, producto de una mala administración u operación de un proceso productivo, independientemente del tipo de rubro industrial. Los efectos ambientales se derivan del consumo de recursos tales como el agua, energías y materias primas; que son empleadas para elaborar un producto. Sin embargo, dichas actividades son generadoras de desechos, desperdicios, efluentes o emisiones, que conllevan a impactos muy negativos sobre el medio ambiente y son generadores de enfermedades.

La matriz posterior indica que dentro de la industria textil, los procesos de acabado son los principales consumidores de recursos naturales y generadores de emisiones, residuos y/o desechos.

Figura 18. **Matriz de situación ambiental del sector textil**

	Recursos Naturales			Residuos, Desechos y/o emisiones						
	Consumo de Agua	Consumo de energía térmica	Consumo de energía eléctrica	Aguas Residuales industriales	Aguas Ordinarias	Residuos Sólidos	Químicos	Ruido	Olor	Emisiones atmosféricas
Actividades Textiles										
Proceso de Hilado			X		X	X	X	X		X
Proceso de Tejeduría			X		X	X	X	X		X
Proceso de Acabado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Guía de buenas prácticas ambientales para el sector textil. Centro guatemalteco de producción más limpia. Guatemala, 2008.p.19.

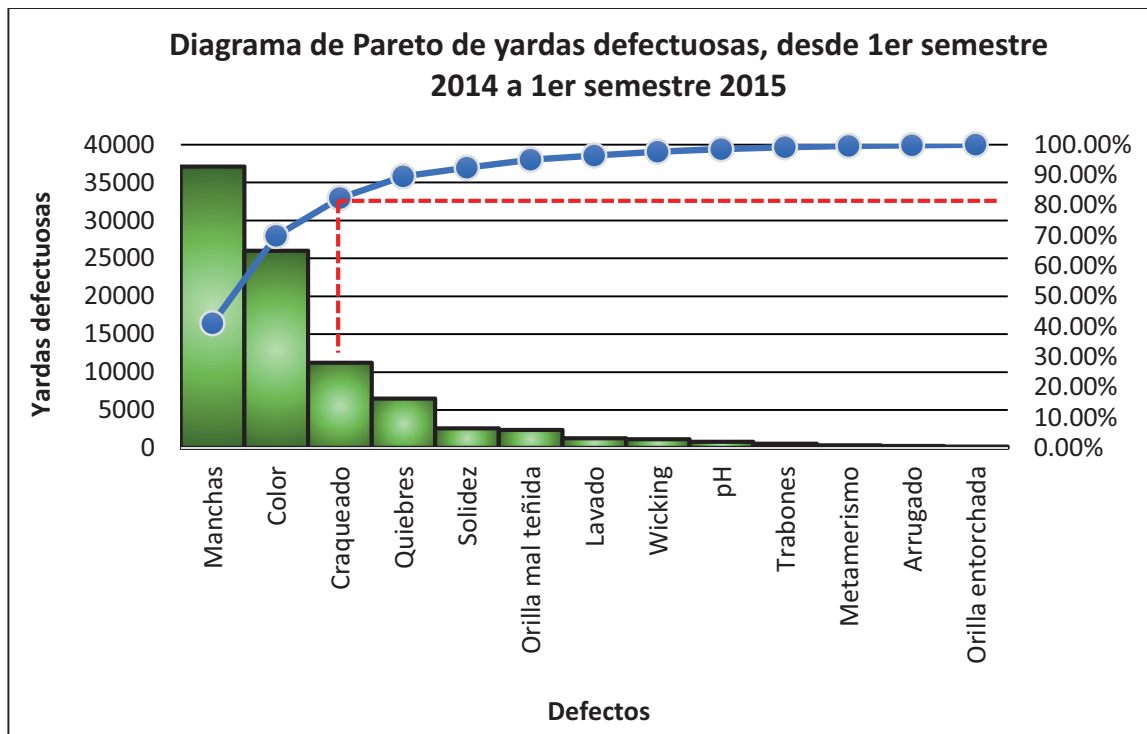
Para evaluar la situación ambiental, técnica y económica dentro de la fábrica, se procedió a calcular la cantidad de inconvenientes que el departamento de tintorería en sus líneas de producción de nailon ha tenido en los tres últimos semestres. Esto para delimitar y encontrar, las causas principales que han ocasionado defectos en el producto final. Con base a estos resultados se espera recomendar un plan de acción que permita mejorar las condiciones actuales de trabajo, reducir costos y aminorar el impacto ambiental.

Para la recopilación de la frecuencia de los sucesos, se solicitó la colaboración del departamento de tintorería conjuntamente con el de Ingeniería para obtener datos aproximados de las fallas o problemas que se hayan suscitado en las líneas de teñido de nailon. Esto permitirá realizar la estratificación correspondiente de acuerdo a los factores se cree, pueden influenciar en la magnitud de los fallos, a fin de identificar causas y analizarlas para mejorar el proceso actual.

Se recopiló los defectos más recurrentes desde el primer semestre de 2014, hasta el primer semestre de 2015, para obtener un compendio de los fallos que afectan a la empresa y con base a estos sugerir la forma de optimizar las operaciones actuales para mejorar la rentabilidad económica. El apéndice 2 muestra un listado de los diferentes tipos de defectos en yardas de nailon que se contabilizaron por cada semestre. Se puede observar que no en todos los semestres se presentaron los mismos fallos, esto no incide en el análisis y no variará los resultados obtenidos.

Para obtener los fallos en los que se enfocará el proyecto de optimización, se empleará el gráfico de Pareto. En donde se suman todas las fallas presentes en telas para todos los semestres, así se conseguirá un conglomerado de los datos los cuales se presentan en el apéndice 3, tabla de datos para el diagrama de Pareto y se muestran gráficamente en la figura 19, mediante el diagrama de Pareto.

Figura 19. **Diagrama de Pareto de yardas defectuosas**



Fuente: elaboración propia.

El diagrama de Pareto indica mediante su gráfica que el ochenta por ciento de los problemas o inconvenientes, son generados por el veinte por ciento de las causas. En la figura 19, se puede observar que el ochenta por ciento de efectos principales se encuentran de la línea puntiaguda vertical hacia la izquierda y el veinte por ciento de los demás efectos, se encuentran a la izquierda de la línea vertical roja. Se observa que los defectos más repetidos en el proceso de tinción de nailon son: manchas en la tela, color no deseado y craqueado de tela, es decir nailon con marcas de dobleces permanentes.

Se observa que en la gráfica, el defecto craqueado está dividido exactamente por la mitad, por la línea que divide efectos principales de secundarios. Estos tres errores se consideran los principales a tratar, ya que son los más recurrentes dentro del proceso actual, con la propuesta de optimización se identificará y planteará solución de estos inconvenientes, previniendo su recurrencia. El departamento de Ingeniería y Tintorería a lo largo de sus operaciones han logrado descifrar las causas que generan estos tres principales defectos, los cuales se escriben a continuación:

- Manchas en tela: mala formulación de colorantes, mala formulación de rendimiento de químicos auxiliares, falta de control de tiempo y temperatura, pH no adecuado al proceso, descrude mal realizado o no efectivo, agua dura, falta de mantenimiento a maquinaria, malos procedimientos operativos.
- Color no deseado: error en la formulación de colorantes, control inadecuado de pH a lo largo del proceso, dureza del agua.
- Craqueado: mala operación de carga de tela en máquina teñidora, alta velocidad de movimiento de máquina (Jet), falta de mantenimiento preventivo a equipos, teñido realizado a temperaturas no adecuadas.

3. DISEÑO DEL NUEVO PROCESO DE TEÑIDO

3.1. Características de los insumos y materias primas a usar por proceso

Luego de analizar de forma detallada el proceso productivo de teñido para la fibra nailon, se logró determinar por diferentes métodos, las partes del proceso actual que bajo una inversión económica permiten reducir, modificar y/o eliminar el uso de recursos materiales para la llevar a cabo la tinción de fibra.

El análisis mostró que la optimización del proceso se deben de basar en tres pilares, siendo estos: insumos y materias primas, parámetros de proceso y procedimientos que no aportan valor al producto final.

3.1.1. Proceso de descruce

Como se detalló en el capítulo anterior, el proceso de descruce es aquel que se realiza previamente al proceso de teñido, con la finalidad de eliminar todas aquellas impurezas y aditivos empleados en el proceso de tejeduría, evitando con esto inconvenientes en la tinción de tela nailon.

El proceso actual de descruce se lleva a cabo como se explicó en el inciso 2.1.5.2. Es el primer procedimiento previo a la tinción y uno en cual se emplean diferentes insumos para realizar la limpieza necesaria de la tela previa a teñirse.

Luego de analizar el proceso actual de descruce se propone modificar su procedimiento, como indica el inciso 3.3.3., además, de modificar conjuntamente los insumos y tiempos de proceso. Específicamente en los insumos únicamente se propone emplear un detergente aniónico, para llevar a cabo las tareas de limpieza. A continuación se detallan las características de este insumo:

- Detergentes aniónicos: Son tipos de detergentes cargados negativamente que pertenecen a la familia de tensoactivos, los cuales permiten reducir la interacción interfásica entre dos sustancias.

Son muy empleados dentro del proceso de limpieza por su alto poder detergente, entendiendo poder detergente como la capacidad de eliminar la suciedad superficial de cualquier material y emulsionar sus moléculas con el agua. Su funcionamiento se basa en la reacción química de cargas opuestas, donde cargas del mismo signo se repelen y opuestas se atraen.

Al emplear este tipo de detergente se utiliza también una acción mecánica como remoción, frote, agitación, etc. Que permite la liberación de las moléculas de grasas y suciedades, admitiendo así una mejor limpieza. Este tipo de mecanismo lo ofrece la máquina teñidora Jet.

La cantidad a emplear de este producto está con base a la cantidad de litros de agua con que se disponga para realizar el lavado previo, el rendimiento de este producto es de un gramo de detergente por cada litro de agua empleado. Usar este rendimiento permitirá realizar un lavado previo óptimo, evitando gastos de este material, así como de agua potable.

3.1.2.

Proceso de neutralizado

En el proceso de neutralizado se busca reducir el nivel de alcalinidad del baño de teñido, debido a que durante los diferentes procedimientos que se realizan para la tinción de nailon, los niveles de alcalinidad se mantienen altos. Un proceso de teñido se realiza bajo condiciones de acidez, en una medida de pH de 4 a 4.5. Un valor muy alto o por debajo de esta escala ocasionará problemas al momento de teñir, por lo cual la constante medición de la alcalinidad se considera un punto crítico de control que asegura la calidad dentro del teñido de la fibra.

Para realizar las variaciones en el proceso, se emplea el ácido acético que posee de manera estándar un valor de 2 a 3 en la escala de alcalinidad, por lo que se considera ácido. Este valor se agrega con base a la cantidad de litros de agua que se emplea en el proceso, siendo su rendimiento de un gramo de ácido por cada litro de agua.

- Ácido acético: es un líquido incoloro, incoloro, de olor y sabor fuerte que es también conocido como ácido etanoico. Es empleado en muchas industrias, siendo las más importantes la alimenticia y textil. Su punto de ebullición es de 118.05 °C y su punto de fusión es de 166 °C.

3.1.3. Proceso de tintura

En el proceso de tintura es donde se emplea la mayor cantidad de insumos para llevar a cabo la coloración de la tela nailon. Los insumos para este proceso se dividen en auxiliares de teñido y colorantes ácidos o pre metalizados. A continuación se brinda más información de los químicos a usar en este procedimiento:

- **Ácido acético:** Es el encargado de mantener al proceso de teñido en una escala de acidez para brindar una buena solidez y tonalidad de colores. Su rendimiento a usar es de un gramo por litro de baño de tintura.
- **Donadores de ácido:** Es empleado en el proceso de teñido de nailon cuando son empleados colorantes ácidos. Este químico permite mantener el nivel de pH en valores constantes en todo el proceso, razón por la cual se emplea en la tinción de poliamida 6 y 66, ya que el pH durante el proceso de tinción se debe de mantener entre 4 a 4.5 en la escala de alcalinidad. El rendimiento de este producto debe de ser de 2.5 gramos, por litro de baño de tintura.
- **Igualador de nailon:** Es un agente químico que se encarga de distribuir uniformemente las moléculas de colorante que se encuentran en el baño de tintura hacia la tela, colaborando con una buena solidez y un buen tono de color. Su rendimiento depende del tono de color con que se esté teñiendo, siendo estos: tonos claros, medios y oscuros.
- **Colorantes:** Son los tintes a emplear para brindar color a la tela nailon. Los más utilizados para este tipo de tela son los ácidos y pre metalizados. El rendimiento de estos colorantes está basado en la formulación de color, procedimiento que se describe ampliamente en el inciso 3.3.2. En la tabla VII se especifica los rendimientos de los químicos a usar durante el proceso de teñido.

Tabla VII. Rendimiento de químicos y auxiliares de teñido

Químico auxiliar	Rendimiento según tono (g / l)		
	Claro	Medios	Oscuros
Ácido acético	1	1	1
Donador de ácido	2,5	2,5	2,5
Igualador de nailon	2	1,5	1

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Proceso de fijado

El proceso de fijado tiene el propósito de mantener la mayor cantidad posible de moléculas de colorante dentro de la fibra, brindando así una buena solidez a la tela, asegurando que cuando ésta sea lavada, no destiña su color.

Para ejecutar este procedimiento se emplean dos insumos: ácido acético y fijador de poliamida. El ácido se empleará al igual que en procesos anteriores, a mantener los valores de alcalinidad en un rango de 5 a 5.5 en la medición de pH, para asegurar la solidez del colorante.

El fijador de poliamida no permite que el colorante remanente en el interior de la fibra se disuelva en el baño de agua. Permitiendo con esto, una buena tonalidad de colorante y una excelente solidez. El fijador que se emplea se encuentra en estado líquido y su agregación al proceso, se da mediante un rendimiento tres por ciento de fijador a emplear por kilogramo de tela a teñir.

3.1.5. Proceso de lavado

Más conocido como proceso de enjuague, este tiene como finalidad dar un último procedimiento de limpieza a la tela antes de ser retirada de la máquina. Existen dos tipos de enjuagues: a rebalse y continuo. El lavado a rebalse se realiza mediante el ingreso y retiro constante del baño de agua, en cambio el enjuague continuo se ingresa el agua, se mantiene en movimiento y posteriormente se retira.

Estos dos procedimientos no emplean ningún tipo de aditivo para realizar su función, únicamente emplean agua potable a la temperatura requerida por el proceso.

3.2. Parámetros que se deben de controlar del proceso

El proceso de teñido de nailon, se constituye de cuatro principales parámetros, los cuales son considerados puntos críticos de control que, al medir y mantener dentro de los rangos establecidos se logrará asegurar la calidad del nailon y con esto se evitará comercializar productos con desperfectos que pueden afectar a la imagen de la empresa y reducir su demanda.

En esta propuesta se realizan modificaciones a los cuatro parámetros esenciales para que un proceso de teñido se realice de manera óptima. La modificación se da por la eliminación de procedimientos que luego de evaluarlos, no son necesarios para cumplir con la tintura de la fibra. Así también, la introducción de nuevos insumos requiere la modificación de las condiciones actuales para que estos puedan realizar un desempeño adecuado.

3.2.1.

Temperatura del agua

Como se explicó en el capítulo anterior, la fibra nailon tiñe por la reacción química que esta tiene con los colorantes; por el constante aumento o disminución de la temperatura del baño de agua con colorantes a la que se expone la tela. A este tipo de tintura se le conoce como agotamiento, y sucede bajo cuatro fases que son: dispersión, dilución, absorción y migración. Los cuales se explican a continuación:

- **Dispersión:** se da al momento de la agregación de los colorantes al baño de teñido, conjuntamente con los auxiliares de tintura. En esta fase el colorante se dispersa a lo largo del agua y crea la reacción química necesario para ser ingresados a la fibra.
- **Absorción:** etapa en donde el colorante reacciona químicamente con la fibra por su diferenciación de cargas, esto ocasiona el ingreso del baño de tintura a la superficie de la fibra. Los movimientos de la máquina teñidora, conjuntamente con la graduación de la temperatura al valor necesario, hacen que las fibras de la tela se aperturen y se ingrese el colorante en su interior.
- **Dilución:** esta etapa comienza cuando la cantidad de colorante que se encuentra adherido a la superficie de la fibra, hace su ingreso al interior de la misma. Distribuyéndose homogéneamente por medio de un igualador de nailon. En esta fase es donde se da la mayor temperatura en el proceso de teñido durante un tiempo relativamente largo, ya que los enlaces de absorción de la tela ya se encuentran totalmente abiertos, ocasionando la mayor afinidad de colorante a la fibra.
- **Migración:** es la parte final del agotamiento en donde se da la igualación del colorante sobre la fibra, entendiendo como igualación a la distribución homogénea del colorante sobre el nailon.

El fundamento de la tintura por agotamiento se da en encontrar las condiciones óptimas del proceso para que suceda una reacción química-térmica, en la cual el colorante esparcido en el agua, ingresa a la fibra y se distribuye homogéneamente en toda la superficie de la tela, culminando así la agregación del colorante.

Para que todas las fases sucedan, se debe de aumentar o reducir exactamente la temperatura durante el tiempo establecido, para que la fibra se expanda y absorba la mayor cantidad de colorantes en el baño, brindando así una buena solidez.

Las máquinas actuales de teñido facilitan el control de este parámetro por medio de su sistema de funcionamiento, el cual permite graduar fácilmente la temperatura del agua al gradiente necesario. Dado las características de las máquinas teñidoras, se evita la medición manual de temperatura, lo cual significa una reducción de peligros laborales.

Dada la modificación de los procedimientos descritos en los incisos 3.3.1.hasta 3.3.6., se denota en la tabla VI los cambios en temperatura y tiempo a los procedimientos descritos anteriormente. En el inciso 3.3 de detallan las razones de las modificaciones de estos parámetros y de sus procedimientos.

3.2.2.

Tiempo de operación


El tiempo es un parámetro que se debe de controlar conjuntamente con la temperatura. La relación entre estas variables son los que permiten la creación de las curvas de teñido y crear un programa de aseguramiento de la calidad para el proceso de teñido de nailon.

Los tiempos establecidos para cada operación deben de ser respetados y evaluados periódicamente, debido a que si se realiza un procedimiento por debajo o encima del tiempo determinado por la tela, puede ocasionar problemas en la calidad de la tintura y de esto se pueden derivar otros defectos de calidad, que pueden llegar a ocasionar el desecho de un lote de nailon.

En esta optimización de la producción de nailon, se redujo y aumentó el tiempo de operación de ciertos procedimientos, luego de evaluar que algunas partes dentro del proceso actual no son requeridas para llevar a cabo una tintura óptima. Al estar el tiempo íntimamente relacionada con la temperatura, se realizaron algunas variaciones a los procesos que se describen desde el inciso 3.3.1. hasta 3.3.5.

La reducción del tiempo total fue de aproximadamente de dos horas con diez minutos, lo que se traduce a una reducción en el uso de recursos, insumos y materias primas; lo que conduce a obtener una reducción en costos operativos y la reducción del impacto ambiental que el uso de recursos ocasiona. En la tabla VIII, se indican los tiempos y temperaturas del proceso propuesto.

Tabla VIII. Temperaturas y tiempos del proceso de teñido propuesto

		TIEMPO Y TEMPERATURAS POR OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE TEÑIDO DE NAILON		
		TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL, S.A.		
		SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		
		DEPARTAMENTO DE TINTORERÍA CERRADA		
INICIA: LAVADO PREVIO		TERMINA: NEUTRALIZADO		
TIEMPO TOTAL DE PROCESO: 5 HORAS CON 20 MINUTOS				
PROCESO	PASO	FUNCIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (m)
LAVADO PREVIO	1	Llenado de máquina	0	3
	2	Carga de tela	30	20
	3	Adición de detergente	30	3
	4	Mantenimiento de baño	30	10
	5	Vaciado de máquina	0	3
ENJUAGUE CONTINUO	6	Llenado de máquina	0	3
	7	Mantenimiento de baño	30	5
	8	Vaciado de máquina	0	3
TINTURA	9	Llenado de máquina	0	3
	10	Adición de auxiliares	30	5
	11	Dosificado de colorantes	30	20
	12	Aumento de temperatura	1.5 °C/m= 105° C	50
	13	Mantenimiento de baño	105	45
	14	Reducción de temperatura	2 °C/m= 70° C	18
	15	Mantenimiento de baño	70	15
16	Vaciado de máquina	0	3	
ENJUAGUE CONTINUO	17	Llenado de máquina	0	3
	18	Mantenimiento de baño	30	10
	19	Vaciado de máquina	0	3
FIJADO	20	Llenado de máquina	0	3
	21	Dosificado de fijador	30	20
	22	Dosificado de auxiliares	30	10
	23	Aumento de temperatura	5 °C/m= 80° C	10
	24	Mantenimiento de baño	80	20
	25	Reducción de temperatura	2 °C/m= 60° C	10
	26	Vaciado de máquina	0	3
ENJUAGUE CONTINUO	27	Llenado de máquina	0	3
	28	Mantenimiento de baño	30	5
	29	Vaciado de máquina	0	3
NEUTRALIZADO	30	Llenado de máquina	0	3
	31	Adición de ácido acético	30	5
	32	Descarga de tela	0	10

Fuente: elaboración propia.

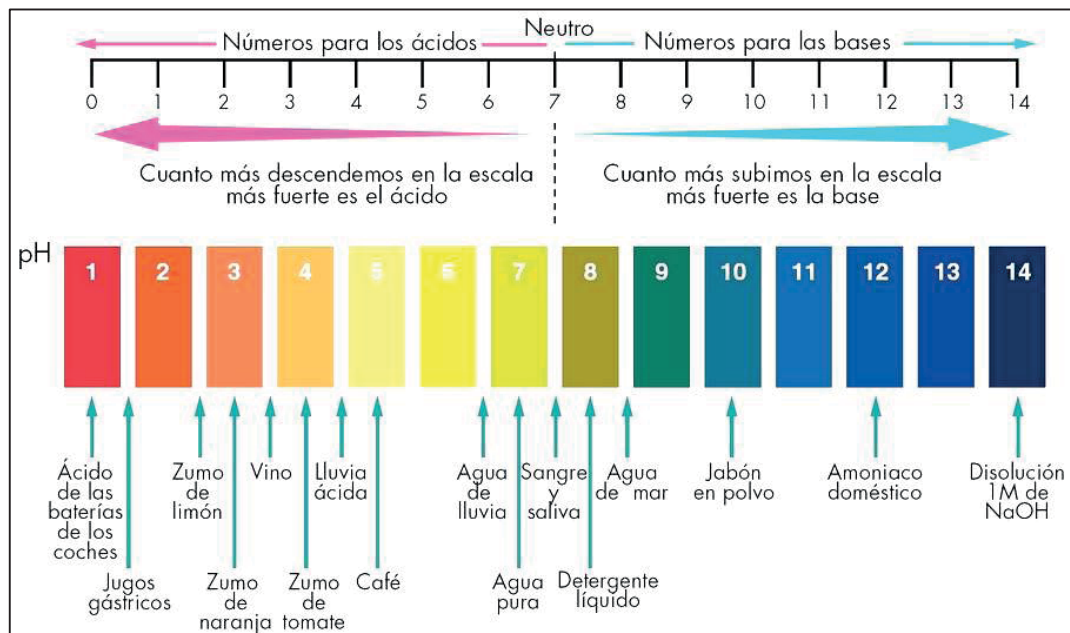
3.2.3.

Nivel de acidez o alcalinidad (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) es la medida de acidez o alcalinidad de una solución. Este valor indica la cantidad de hidronio en una sustancia. La escala de medida se encuentra desde 0 hasta 14 en una disolución acuosa, conociéndose como ácidas a las soluciones con valor menor a 7, neutras a las de valor exacto de 7 y álcalis a las de valor mayor a 7.

En productos para uso de personas como cremas faciales, jabones anti bacteriales, detergentes, entre otros. Se denota en el empaque del producto como neutro, en este caso la neutralidad hace referencia a un valor pH de 5.5, debido a que la piel humana posee este valor de acidez y cualquier valor muy por encima o debajo de este puede repercutir en problemas cutáneos.

Figura 20. Medida de potencial de hidrógeno



Fuente: <http://iespoetaclaudio.centros.educa.jcyl.es/>. Consulta: 18 de septiembre de 2015

Para la medición de pH se emplean en su mayoría dos tipos de equipos, el primero las tiras reactivas en la cual se toma la muestra del agua en una pequeña regla y se compara el color que se manifieste de esta con la tabla de reactividad. El segundo es un equipo digital conocido como potenciómetro, en el cual se toma una muestra y se coloca en el analizador para obtener así la medición.

Aunque los dos muestran valores muy precisos para la medición de pH, en el proceso de teñido no se recomienda el uso de tiras reactivas, puesto que el baño de agua tiende a estar compuesto de colorante lo cual puede afectar en la tonalidad que esta represente en su medición.

La medición de pH en el proceso de teñido es un punto crítico de control (PCC), el cual se puede definir como una etapa dentro del proceso que se debe de aplicar una acción preventiva, para evitar cualquier desperdicio del producto.

La aplicación de los PCC para el pH es necesario que se realice en los procesos de teñido y fijado. Debido a que durante los procedimientos previos a la tinción del nailon, se realiza la eliminación de impurezas a la fibra con un nivel de alcalinidad alto, dado que lo alcalino permite un mayor grado de limpieza. Cuando la fibra se encuentra en un proceso de tintura posee un valor de pH entre 10 a 13, por lo cual de realizarse bajo estas condiciones el colorante no se distribuiría uniformemente, ocasionando problemas de desigualación de color.

El nailon brinda una buena solidez y tonalidad en valores ácidos, ya que se facilita la migración del colorante a la tela, específicamente de 4 a 4.5 en la escala de pH. Si el baño de teñido se encuentra por encima de este valor se agrega ácido acético para mantenerlo en las condición ácida, al contrario, si se quiere aumentar se agrega cierta cantidad de agua hasta llevarlo a los parámetros establecidos.

La tabla IX muestra la temperatura, tiempo y proceso en el cual se debe de tomar una medición de pH para asegurar la calidad de tinción de la poliamida.

Tabla IX. **Mediciones de pH para proceso de teñido propuesto**

MEDICIONES DE PH PARA EL PROCESO DE TEÑIDO DE NAILON						
		TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL, S.A. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEPARTAMENTO DE TINTORERÍA CERRADA				
		INICIA: LAVADO PREVIO		TERMINA: NEUTRALIZADO		
		TIEMPO TOTAL DE PROCESO: 5 HORAS CON 20 MINUTOS				
ETAPA DEL PROCESO	PASO DEL PROCESO NO.	PARÁMETROS DE MEDICIÓN	TIEMPO DE LA MEDICIÓN	TEMPERATURA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	CUMPLE SI/NO
TEÑIDO	11	4.0 - 4.5 en la escala de pH	1 hora con 20 minutos luego de iniciado el proceso	30 ° C	Tomar la muestra y esperar, se reduzca la temperatura a 20 ° C	
	14	4.0 - 4.5 en la escala de pH	3 horas con 10 minutos luego de iniciado el proceso	70° C	Tomar la muestra y esperar, se reduzca la temperatura a 20 ° C	
FIJADO	22	5.0 - 5.5 en la escala de pH	4 horas luego de iniciado el proceso	30 ° C	Tomar la muestra y esperar, se reduzca la temperatura a 20 ° C	

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Dureza del agua

Se conoce como dureza del agua a la concentración de compuestos minerales alcalinotérreos en el agua, tales elementos como el magnesio, cloruros, sulfatos, calcio entre otros. Esta característica del agua es indeseable dentro de procesos productivos industriales y de uso doméstico, debido a que la concentración de minerales ocasiona daños a equipos y utensilios, provoca un mal sabor al agua potable y en la industria textil puede interferir en los procesos húmedos como el teñido.

Por tales razones, dentro del proceso textil se tienen medidas preventivas para asegurar que el agua posea un bajo nivel de minerales, para evitar que los procesos sufran de variaciones y esto repercuta en la calidad de la tela que se trabaja. La medición de la dureza del agua se obtiene por la cantidad de miligramos de la suma de calcio y magnesio en un litro de agua. Existen dos tipos de dureza, los cuales son permanente y temporal.

- Dureza temporal: Se compone de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Esta puede ser eliminada por ebullición y luego por la precipitación de filtrados.
- Dureza permanente: está determinada por la cantidad de sales de calcio y magnesio, a excepción de carbonatos y bicarbonatos. No puede ser eliminada por ebullición.

La clasificación de la dureza se estima por la cantidad de partes por millón de carbonato de calcio (CaCO_3) presentes en el agua. La dureza del agua necesaria para un proceso depende del tipo de industria, para la industria textil se considera como mínimo por debajo de los 120 ppm CaCO_3 , como óptimo que se trabaje a no mayor de 60 ppm de CaCO_3 .

Tabla X. **Clasificación de la dureza del agua**

Tipo de agua	ppm CaCO₃
Blanda	<17
Levemente dura	<60
Moderadamente dura	<120
Dura	<180
Muy dura	>180

Fuente: LOCKUAN LAVADO, Fidel Eduardo. La industria textil y su control de calidad. 2012. p.73.

Se determinó la dureza del agua como un parámetro a cuidar, ya que si se emplea agua con muchos minerales; estos tenderán a interferir en la reacción química del colorante con el nailon, ocasionando una mala igualación y fijación del tinte a la tela.

El laboratorio de calidad conjuntamente con el departamento de mantenimiento, son los encargados de realizar análisis preliminares a los suministros de agua con los que cuenta la planta. Deben de registrar cada análisis realizado, así también su frecuencia y resultados, trasladando esta información de manera oportuna al departamento de tintorería. El jefe de manufactura de nailon debe de observar los datos del análisis y aprobar o reprobar dichos estudios, para asegurar que los procesos de tinción se realicen efectivamente.

3.3. Modificación de las operaciones de teñido

El segundo eje de la optimización es la reducción, modificación y/o eliminación de procesos y procedimientos que no aportan valor a las operaciones actuales. Estas se realizan de la forma actual por costumbre o por falta de una poca investigación y análisis de los procedimientos.

La gestión empresarial en el departamento de tintorería ha sido ineficiente y no se ha llevado a cabo un análisis de procesos críticos y control de las operaciones desde hace aproximadamente diez años, fecha en que se implementaron nuevos procesos y se compraron los últimos equipos de producción. A continuación se encuentran las modificaciones propuestas para mejorar el proceso de producción actual.

3.3.1. Prefijado

Para el proceso de prefijado no existe en si una modificación de los procedimientos actuales, sino que se propone agregar un punto de control en la medición y corte de la tela a prefijar. Como se explicó en el inciso 2.1.1. el proceso de prefijado brinda las dimensiones necesarias a la fibra para que luego de realizársele un proceso húmedo, el nailon no encoja o estire. Esto se obtiene mediante un proceso de calentamiento y enfriamiento de la fibra para que los hilos obtengan cierta tensión.

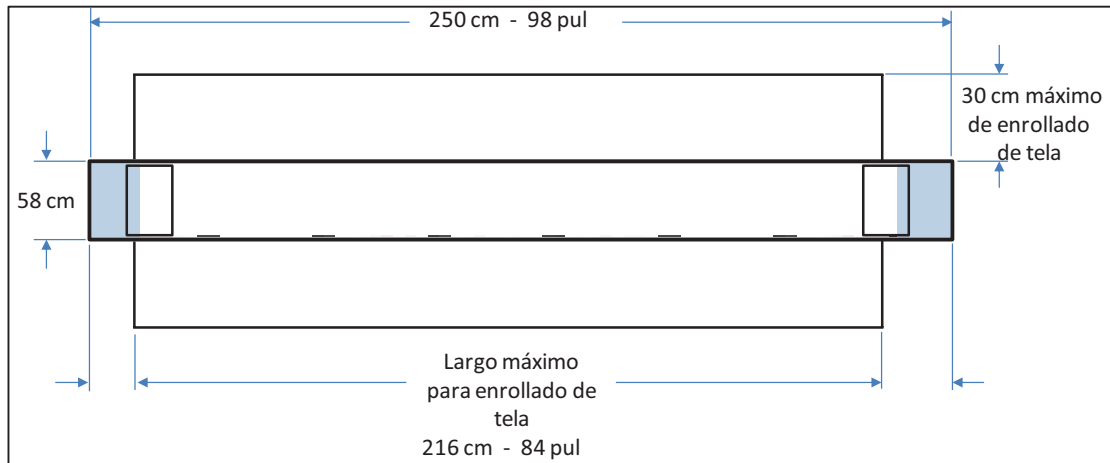
Actualmente en el departamento de tintorería no se consideraban dos factores importantes en el procedimiento de prefijado de nailon, cuando se realizaba un proceso de teñido en *Beam*. La máquina autoclave posee de ciertas dimensiones que de no considerarse para el enrollado de tela prefijada, ocasiona problemas de carga y tinción.

El *Beam* de la Autoclave posee dimensiones de 2.5 m de largo por 58 cm de ancho, la distancia entre las caras externas del *Beam* hacia la pared de la Autoclave es de aproximadamente 35 cm en todas direcciones. Actualmente no se consideraban estas medidas y se enrollaba tela a todo el largo y ancho del *Beam*, lo que en ciertas ocasiones genera inconvenientes en el teñido, ya que al tener demasiada tela cargada, no permitirá que el baño de colorante desde el interior del *Beam* traspase la tela enrollada, para evitar una desigualación de color o manchas en la tela.

Para corregir este inconveniente se propone que se consideren las siguientes mediciones como óptimas, para el procedimiento de enrollado en la máquina autoclave. Al momento de realizar el enrollado de nailon sobre el *Beam*, considerar que la tela haya sido prefijada a un máximo ancho de 216 cm, lo cual permitirá que la tela no roce con las tapas de la máquina autoclave; además, el enrollado se realice a un ancho máximo de 30 cm sobre el *Beam*, para obtener 5 cm de distancia entre la tela y la parte interior de la máquina, para evitar que la tela este demasiado ajustada y que esto ocasione problemas de tinción.

En la figura 21 se presenta un diagrama de la máquina autoclave en donde se especifica lo anteriormente descrito.

Figura 21. **Dimensiones correctas para enrollado de *Beam***



Fuente: elaboración propia.

3.3.2. **Formulación de color**

Es la combinación de diferentes colores para crear un nuevo color, con tono y solidez diferente. En este tipo de proceso se consideran dos aspectos fundamentales, la experiencia del colorista y la correcta aplicación de la fórmula de colores.

Cuando se habla de una correcta aplicación de la fórmula, se hace referencia a emplear las cantidades de colorantes acorde al tipo de colorante que se desea crear y no modificando la combinación de valores de la misma.

Emplear una fórmula para obtener un tono deseado, resulta demasiado empírico y puede ser generador de una mala tonalidad que al transferirse a una tela, puede resultar en un rechazo de producción. Para asegurar este procedimiento se debe de emplear programas de cómputo con espectrofotómetros, para asegurar una correcta formulación en un 95 %.

3.3.3. Descrude

El proceso de descrude es el que sufrió más modificaciones en tiempo y operaciones. Este proceso se realiza a la fibra nailon, debido a que este tipo de tela tiende a crear espuma al momento de entrar en contacto con agua. Esta efervescencia se crea debido a las diferentes grasas con las que la tela es tejida, al momento de entrar en agua y ponerse en circulación, se crean estas burbujas que ocasionan inconvenientes en la tinción.

El procedimiento actual inicia con el llenado de la máquina con agua, a continuación se agrega el antiespumante y soda *ash*, terminando con la carga de tela a la máquina teñidora. Sin embargo, este procedimiento creaba problemas de teñido dado que la soda *ash* y el antiespumante se precipitaban, creando grumos que se adhieren a la fibra ocasionando manchas y mala igualación de colorante.

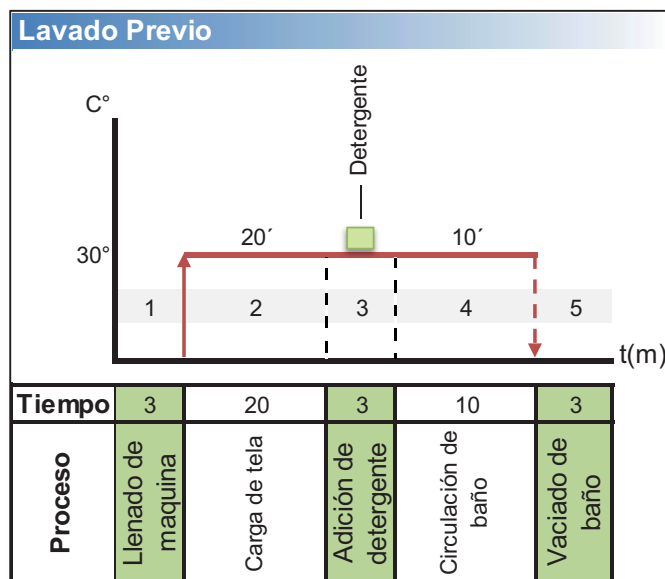
Se analizó nuevamente este procedimiento y se observó que la concentración de los químicos empleados era demasiado alta y que estos se solidificaban al usar rendimientos altos. Para mejorar la adición de estos insumos, se consideró diluirlos previamente en agua y posteriormente agregarlos a la olla de químicos. Continuamente se realizaba la carga de tela y procedimientos restantes de descrude.

Luego de estas modificaciones el laboratorio de control de calidad realizó una muestra de lotes de nailon para observar si existía mejoría con los cambios que se realizaron al proceso, mostrando efectivamente que con el procedimiento propuesto, ya no se creaban grumos de soda *ash* y antiespumante, por lo cual se redujeron significativamente los defectos en la tela.

Sin embargo, con estos estudios el laboratorio de calidad se observó que la tela siempre mantenía cierta cantidad de aceites en sus fibras, también ocasionaban una mala igualación en la coloración, llegando a la conclusión que el procedimiento actual de descrude no era cien por ciento efectivo y se decidió realizar nuevamente una modificación al proceso.

Por medio de ciertas consultorías a especialistas de calidad textil y evaluaciones por parte de tintorería, se determinó que por las características de la fibra nailon, únicamente se debe de emplear un detergente Aniónico para realizar la limpieza. Con esta modificación el proceso se realiza de la siguiente manera: se toman tres minutos para el llenado de máquina, luego durante veinte minutos se carga la tela a la máquina, se añade el detergente durante tres minutos, dejando en circulación por diez minutos, para luego vaciar el baño con la tela.

Figura 22. Lavado previo



Fuente: elaboración propia.

Con los cambios realizados en este procedimiento se pretende reducir el costo de materias primas e insumos, por la eliminación de antiespumantes y álcalis. Los costos de electricidad y vapor disminuirán, por la reducción del tiempo de utilización de la máquina en la operación de lavado previo y por último, la reducción de aguas con alta necesidad de oxígeno lo que facilitará tanto el proceso de manejo de efluentes.

Esta modificación permite completar el objetivo de mejora de procesos, ya que se obtendrán mejoras económicas, técnicas y ambientales, desde el momento de su ejecución en planta.

3.3.4. Neutralizado

El proceso de neutralizado no sufrió ninguna modificación en cuanto a parámetros y cantidades de agregación de ácido acético. Actualmente en la propuesta de optimización, el proceso se realizará a una temperatura de treinta grados Celsius con una duración de once minutos en total.

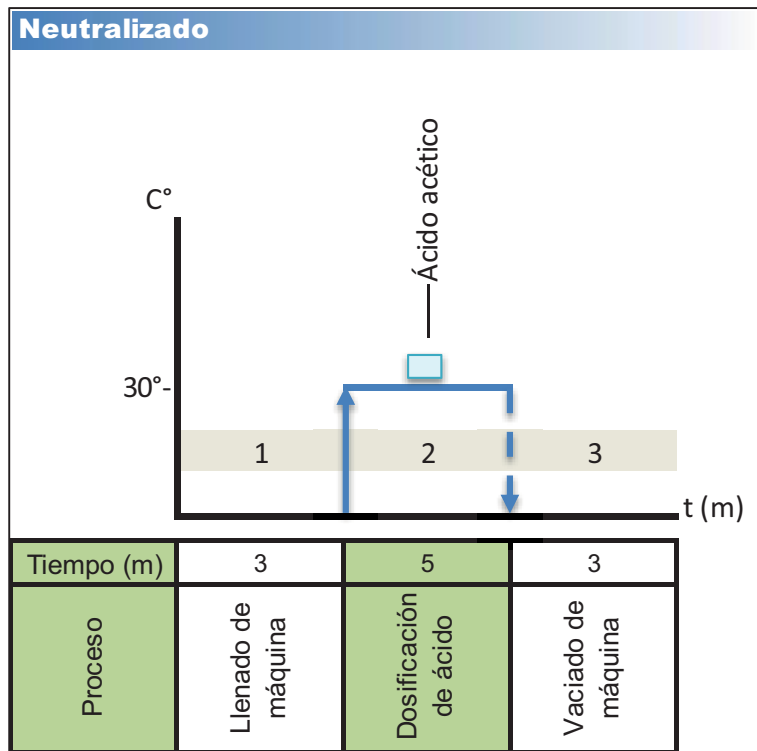
La forma en que se realiza el proceso de neutralizado es efectiva, razón por la cual no se vio ninguna oportunidad de mejora. Sin embargo, debido a la eliminación del proceso de descruce, siendo este suplantado por el lavado previo surge la necesidad de acoplar este procedimiento al proceso completo de tintura.

Al presente el neutralizado se realiza al finalizar el descruce, con esto se reduce el nivel de alcalinidad que la tela obtiene durante la limpieza; sin embargo, al eliminar químicos en el lavado previo como soda *ash* y antiespumante (químicos con alto valor alcalino), no existe ninguna necesidad de reducir el nivel de alcalinidad puesto que la tela se está manejando en valores ácidos.

Si se añade ácido acético el cual incrementa el nivel de acidez en la tela, se puede ocasionar des igualaciones en la tinción u ocasionar un daño a la fibra. Dado las condiciones propuestas para llevar a cabo la tinción, se propone cambiar la posición del proceso de neutralizado, recomendando se realice al final del proceso de teñido, continuamente del proceso de fijado.

Esta pequeña modificación en el orden de los procesos permitirá que se reduzcan aún más los errores que tintorería posee en sus líneas de producción. Aunque no se optimizó económicamente el neutralizado, sí permitirá se lleve a cabo un mejor proceso de tinción, lo cual beneficiará a la empresa en su control de calidad, lo cual reducirá los costos por mala calidad.

Figura 23. **Neutralizado**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 23, se observa el proceso de neutralizado propuesto, en donde este inicia con el llenado de la máquina a la cantidad de litros especificada por la relación de baño, a una temperatura de treinta grados centígrados y una duración de tres minutos.

Posteriormente, se realiza la dosificación del ácido acético, empleando un rendimiento de un gramo de ácido por cada litro de agua en la máquina, manteniendo una temperatura constante de treinta grados Celsius y un tiempo de duración de cinco minutos.

Al finalizar el proceso de dosificado, se retira el agua de la maquinaria, siempre a una temperatura de treinta grados, empleando para este último procedimiento tres minutos.

3.3.5. Tintura

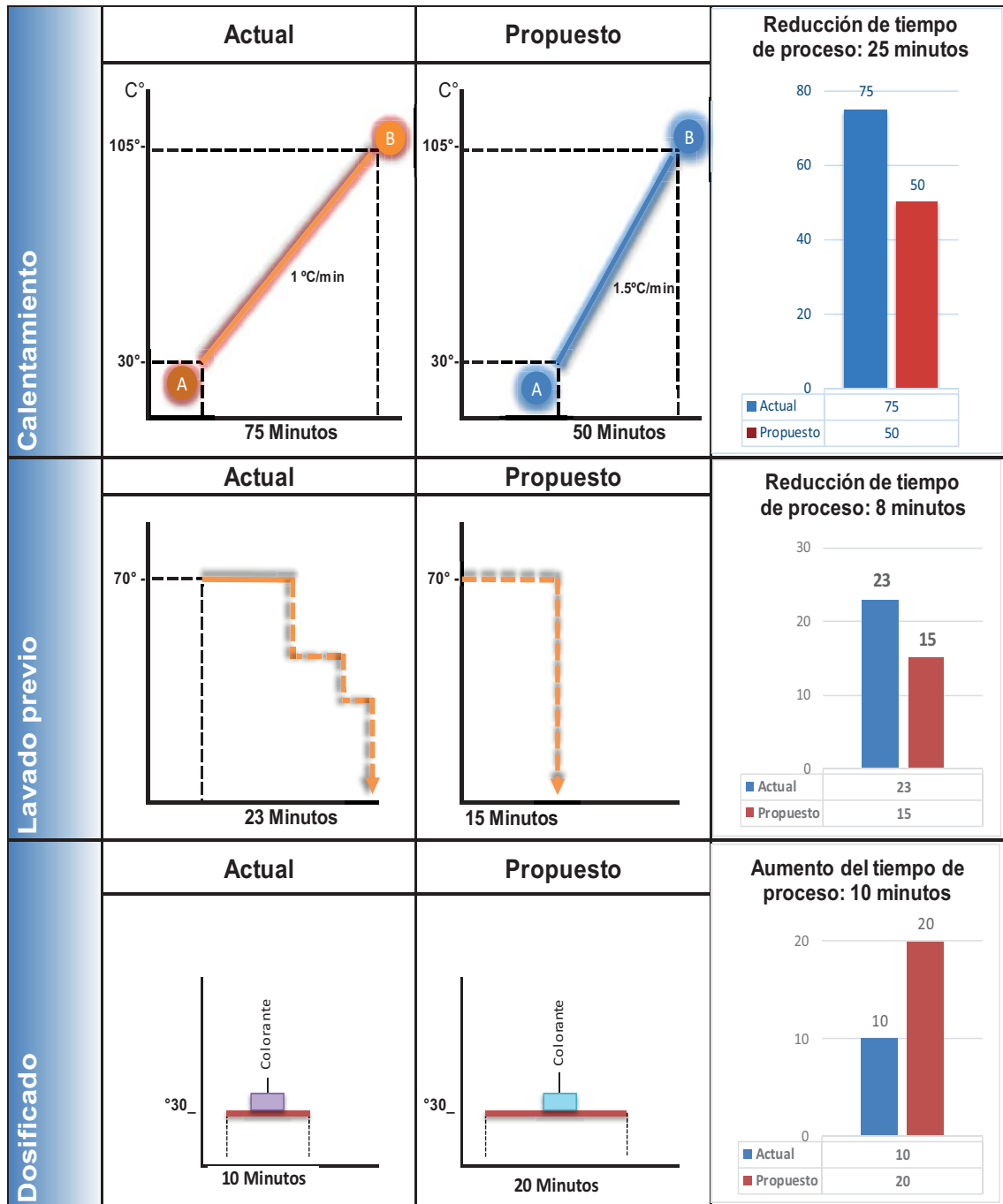
El proceso de tintura es donde repercute cualquier defecto o falla de cualquier proceso previo, debido a que acá es donde se realiza la difusión de moléculas de colorante a la fibra nailon. Es importante que los procedimientos anteriores, desde el prefijado hasta el lavado previo se lleven a exactitud contemplando cada uno de sus parámetros y variables, para asegurar que la tinción de nailon sea óptima y no se desperdicie tanto en insumos como en tela.

Específicamente dentro del procedimiento de teñido se realizaron modificaciones, debido a que estos son considerados generadores de fallas y que en ocasiones, aún todo procedimiento anterior se realizará bajo los lineamientos establecidos, estos pasos dentro de la tinción afectan el proceso y conllevan a un reteñido, encareciendo así el costo de producción.

Luego de analizar los pasos actuales, se especifican a continuación las razones de la modificación y los beneficios que traerán a la tinción de nailon:

- **Calentamiento a gradiente mayor:** En la figura 24 se puede observar que actualmente el calentamiento previo a llegar a la temperatura de agotamiento, se da con un gradiente 1. Este valor es demasiado despacio y alarga el tiempo de proceso; sin embargo, la principal razón es que el nailon tiñe a temperaturas altas y si el tiempo que se tarda en llegar la temperatura del baño de agua es demasiado lento, las moléculas de tinte no se adhieren adecuadamente a la tela, ocasionando una baja tonalidad. Por esta razón, se cambió de gradiente 1 a 1.5, reduciendo en 25 minutos de proceso.
- **Enjuague a rebalse:** este procedimiento se eliminó dentro de la tinción, debido a las desmedidas cantidades de agua que se empleaban para ello. Para este procedimiento la máquina se debe de llenar y vaciar la mayor cantidad de veces en un lapso de 5 minutos, lo que se traduce a llenar el equipo de tinción a su capacidad máxima y vaciar nuevamente agua potable con colorantes. Este proceso es ineficiente totalmente y no brinda algo de valor al teñido, por eso se eligió que al finalizar el proceso, el baño de teñido se retire totalmente y no se ingrese más agua a la máquina. Esta modificación reduce el tiempo de teñido en ocho minutos aproximadamente.
- **Aumento de la dosificación de colorante:** se aumentó a diez minutos la agregación de colorantes para asegurar que el baño completo de teñido obtenga la mayor cantidad de colorante en la tela.

Figura 24. Modificaciones al proceso de teñido



Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Fijado

Como se puede observar en el inciso 2.1.5.5. Actualmente se tiene estandarizado la elaboración de dos procesos de fijado consecutivos, estos procedimientos se realizan bajo los lineamientos especificados con la finalidad de asegurar la solidez y tono de los colorantes. Sin embargo, luego de analizar detenidamente tanto la formulación de colorantes como el proceso de fijado actual, se encontraron los siguientes inconvenientes, los cuales dieron lugar a que se generalizara un reproceso, es decir un segundo fijado.

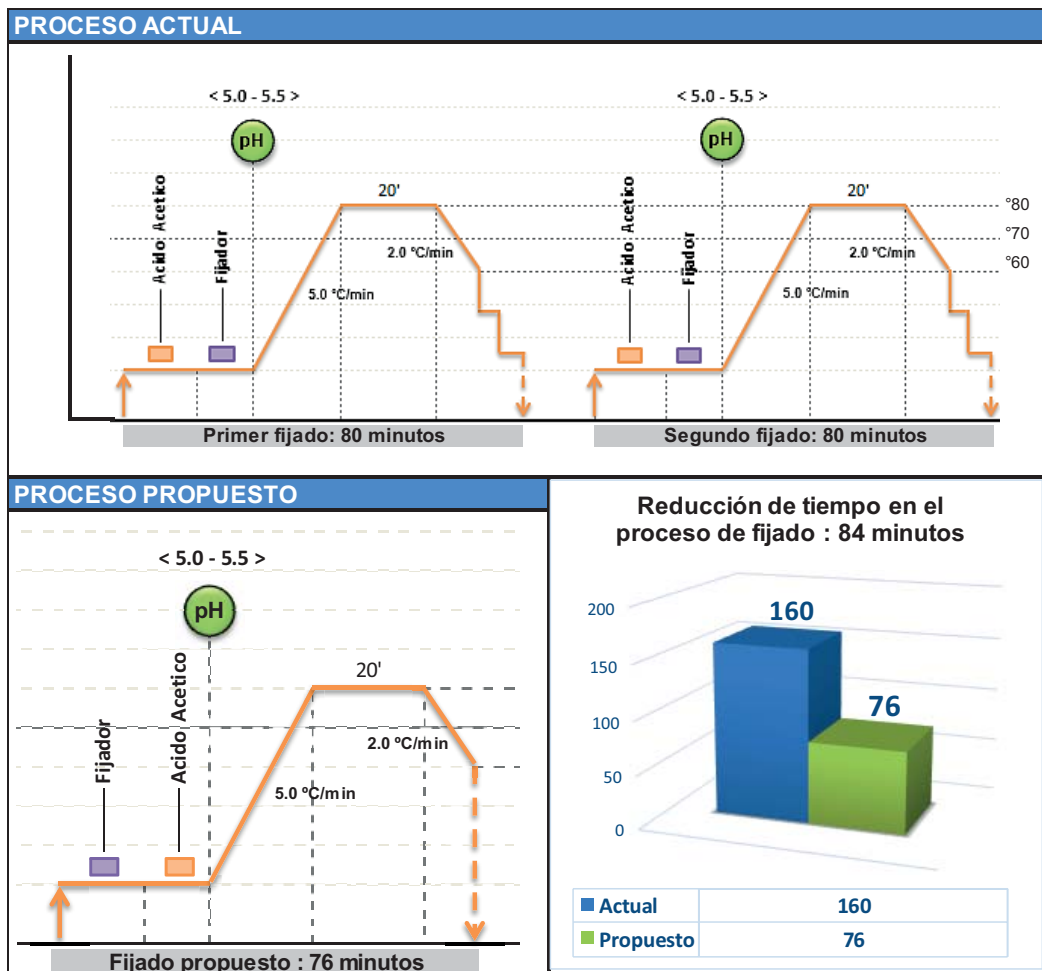
A continuación se especifican los inconvenientes encontrados en el proceso actual que afectan a la solidez y se especifican las razones de la modificación:

- Error en la adición de fijador: La función del fijador es crear una capa superficial sobre el nailon para asegurarse que las moléculas de colorante ingresadas en la fibra, no se liberen nuevamente al baño de teñido. Sin embargo, agregar el fijador posteriormente del ácido acético, afecta a las características del fijador, impidiendo que este no cree un recubrimiento y esto afecte a la solidez de color. Es por esta razón que el fijador se debe de agregar iniciando el proceso y posteriormente el ácido acético.
- Segundo fijado: En la actualidad se tiene contemplado un segundo fijado, con el objetivo de asegurar la solidez, no obstante este es un reproceso que se estandarizó en alguna ocasión cuando la empresa presentaba muchos lotes con fallas de solidez, un segundo fijado les garantizaba cero errores en la tela. Este segundo procedimiento se propone eliminarlo, dado que es un gasto innecesario de recursos lo cual encarece el proceso.

Para evitar el este segundo fijado, laboratorio debe de estar comprometido con la formulación de colorantes a usar, para evitar que planta de producción obtenga los defectos de laboratorio de formulación y así, llevar a cabo un solo proceso de fijado que garantizará una buena solidez.

- Lavado a rebalse: Se propone eliminar este proceso, ya que no añade algún valor al procedimiento y es un exceso en el consumo de agua.

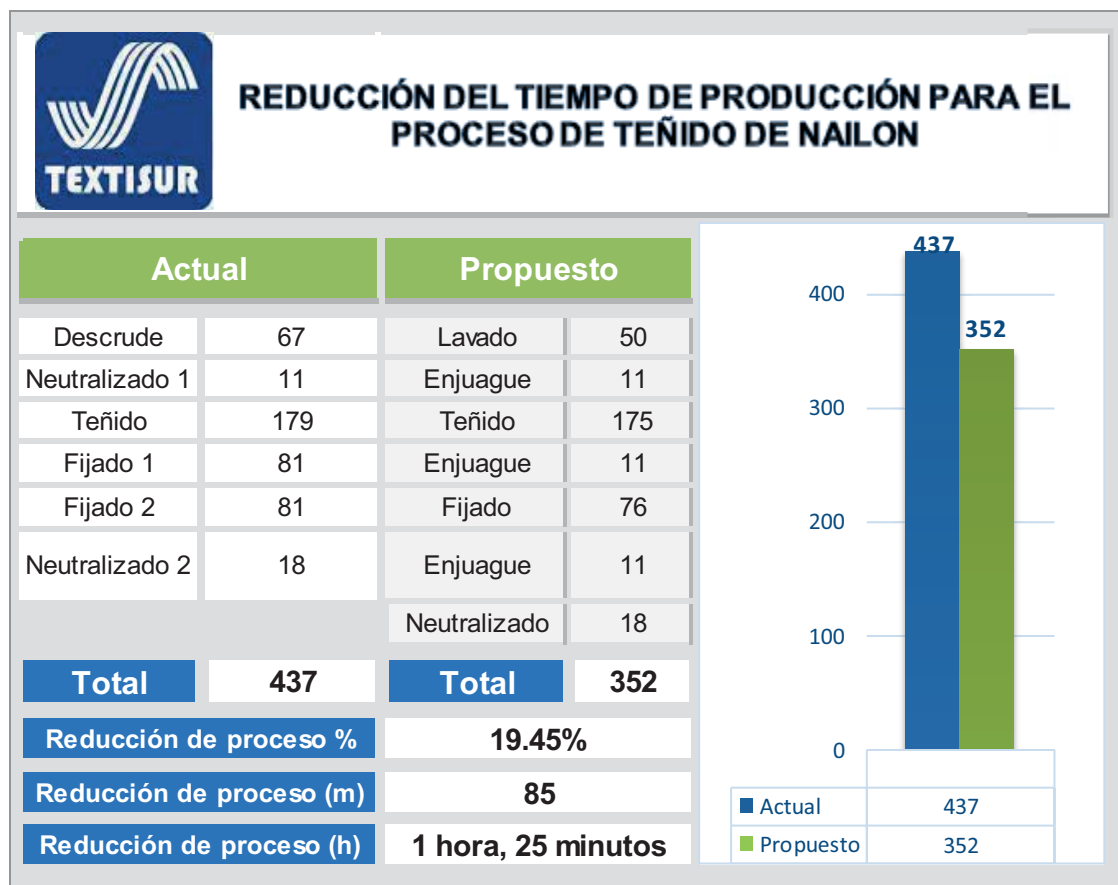
Figura 25. **Modificaciones al proceso de fijado**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el la Figura 25, las modificaciones descritas en el inciso 3.3.6, permiten inicialmente una reducción en el uso de energía eléctrica, vapor y agua potable para llevar a cabo las operaciones. En tiempo, se estima una reducción de 85 minutos de proceso, lo cual se traduce a un uso eficiente del tiempo, que no solo asegura la calidad de la tela sino que reduce el costo total de un lote de producción de nailon.

Figura 26. **Reducción de tiempo de producción para el proceso de teñido de nailon**



Fuente: elaboración propia.

Con las modificaciones propuestas, se estima que el proceso completo de teñido, además de garantizar la calidad de su producto final, se reduzca el costo de producción, debido al uso adecuado de los recursos empleados por el departamento de tintorería, para brindar los colores a la tela.

3.4. Diseño de las nuevas curvas de teñido

Las curvas de teñido son la representación gráfica que indica de forma cronológica, todos los procesos y parámetros que se deben de controlar en el proceso productivo. Consiste en una gráfica temperatura versus tiempo, en donde se especifican ingresos de materiales, pruebas de calidad y procesos específicos, que permiten al jefe de producción y operarios, llevar la secuencia de operaciones destinadas a la tinción de nailon.

Debido a las modificaciones que se realizaron al proceso de teñido, se procede a documentar todos los cambios realizados como parte de la estandarización de los procesos. La información actualizada permitirá a los ingenieros de producción a llevar un control de las fechas y mejoras que se le han realizado al proceso, brindar capacitaciones y tener comprobantes en caso de ser auditados por el departamento de Ingeniería, quien es el que se encarga de la mejora continua.

Como parte de la estandarización, se procede a especificar las partes de las nuevas curvas de teñido, indicando todos los factores que intervienen y brindando los formatos propuestos, para facilitar la capacitación a los colaboradores de producción.

3.4.1. Información principal de las curvas de teñido

En la parte inicial de una curva de teñido se debe indicar toda la información que permita el fácil reconocimiento del proceso, por medio de datos precisos y un formato específico que permita llevar un control sobre la documentación.

3.4.1.1. Encabezado

En el encabezado se indica toda información destacada de las curvas de teñido que permite al personal de producción, identificar fácilmente datos relevantes con respecto al proceso que se detalla en las gráficas de tinción.

Para tener un mejor control de la información y que esta pueda ser archivada correctamente, se propone que la curva de teñido especifique los siguientes datos en su encabezado:


- Logo de la empresa
- Nombre de la empresa
- Departamento encargado
- Tipo de proceso
- Colorantes empleados para el teñido
- Máquina de teñido empleada
- Persona encargada del proceso
- Última fecha de actualización

Estos datos permitirán identificar fácilmente la curva de teñido, además, de verificar el seguimiento de mejora continua que se le ha dado al proceso, con respecto a la última fecha de modificación.


3.4.1.2. Numeración

La numeración permitirá fácilmente archivar la curva de teñido y hacer uso de la misma en cuanto se necesite. El número que se le otorgue a un proceso en específico permanecerá de igual manera, aun este sea modificado en el futuro. Si se realiza un proceso nuevo, se le otorgará un nuevo número de documento y se archivará de forma descendente.

Figura 27. Encabezado propuesto para una curva de teñido



TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL S.A
Sistema de Gestión de la calidad
Departamento de Tintorería Cerrada



Proceso de teñido de :	Algodón	Colorante empleado:	Pre metalizado	Maquina:	Autoclave	No.
	Poliéster		Disperso		Jet	No.
	Nailon		Acido			
	Otro: _____		Reactivo			
Responsable del proceso:			Ultima Actualización: / /	Firma del encargado:		

Toma de muestra
 Medición de pH

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Gráfica temperatura vs tiempo

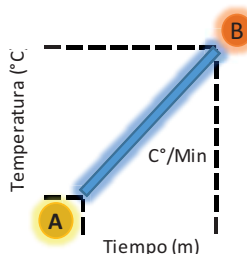
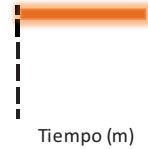
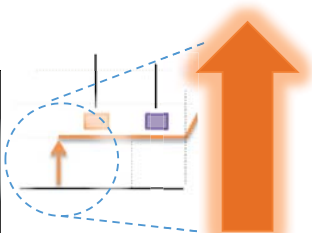
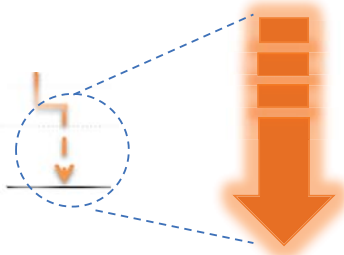
En la gráfica temperatura versus tiempo se representan los datos numéricos de las operaciones, los cuales permiten analizar el comportamiento del proceso a lo largo de la variación de sus parámetros. Este tipo de gráfico emplea dos valores numéricos importantes, siendo el primero los valores de la temperatura del baño de teñido y el segundo el tiempo al cual se debe de someter la tela para proveerle color.

Debido a que las máquinas teñidoras emplean como unidad de medida, el grado Celsius para temperatura y minuto para tiempo. Se empleará estas características de la maquinaria para facilitar el entendimiento del proceso al operador de planta. La gráfica emplea en su eje x los valores correspondientes al tiempo del proceso y en el eje y, la temperatura.

Adicionalmente de las unidades de medida se deben de identificar varios aspectos del formato de la gráfica, los cuales se detallan a continuación:

- Gradiente: es la relación entre la temperatura y el tiempo, denotado en grados Celsius por minuto. Estos especifican un crecimiento o decremento de la temperatura del baño de tintura con respecto al tiempo. Es decir, un gradiente cinco, indica que la temperatura del baño de tintura se reduce o incrementa, a razón de cinco grados Celsius por minuto. La empresa emplea gradiente uno hasta gradiente cinco, en sus líneas de teñido.
- Proceso constante: es cuando no existe variación de la temperatura con respecto al tiempo. Este procedimiento se representa mediante una línea horizontal que indica que el proceso se mantiene constante con respecto a su temperatura.
- Llenado de agua a nivel: se representa mediante una flecha vertical, que indica el tiempo en que se ingresa agua potable a la máquina de teñido, hasta cumplir con lo solicitado por el departamento de tintorería.
- Vaciado de baño: se representa mediante una flecha vertical en dirección opuesta de color cortante, que especifica el tiempo y temperatura en el cual se debe de vaciar la máquina teñido.

Tabla XI. Descripción de pendientes de una gráfica temperatura vs tiempo

Gradiente	Proceso Constante
 <p>Aumento o disminución de la temperatura con respecto al tiempo, se relaciona en grados Celsius por minuto</p>	 <p>Procedimiento que se realiza a una temperatura fija con variabilidad del tiempo. Se representa mediante una línea recta horizontal</p>
Llenado de maquina	Vaciado de maquina
 <p>Se ingresa agua a la maquina teñidora, al nivel especificado por la relación de baño, a la temperatura y tiempo establecido.</p>	 <p>Retiro del baño de teñido, a la temperatura y tiempo establecido</p>

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1. Escala

La escala para la curva de teñido aplica para los parámetros de temperatura y tiempo. Aunque no existe un valor exacto que permita identificar plenamente los valores de los parámetros, se recomienda que la escala sea de cinco grados Celsius y cinco minutos, esto debido a que el máximo gradiente que se emplea es gradiente cinco.

3.4.2.2. Íconos

Los íconos forman una parte fundamental dentro de las curvas de teñido de nailon, debido a que estos especifican dentro de la gráfica en que parte del proceso de teñido se deben de realizar las pruebas de aseguramiento de calidad, las cuales son muestra de tela y pH.

3.4.2.2.1. Toma de muestra

La toma de muestras de tela es un procedimiento para asegurar la calidad, que se realiza durante una etapa crítica dentro del proceso de teñido. Consiste en que un colaborador recorta un pedazo de tela, luego de cierto proceso en específico y lo traslada a laboratorio para realizarle pruebas de color, medidas, tonalidades, entre otras características.

Es un procedimiento indispensable para asegurar que el lote de tela nailon cumpla con los requerimientos solicitados por el cliente. Permite controlar el proceso y evitar cualquier inconveniente en el producto final, como reprocesos o rechazos de lotes completos, que repercuten en el costo de producción.

Para indicarle al trabajador el tiempo y parte del proceso en donde se debe de realizar una toma de muestra, se ha decidido colocar un círculo de color amarillo con la letra M insertada en el mismo. Este color se eligió debido a que el color amarillo o dorado, repercute en las personas en medidas de alerta o atención.

3.4.2.2.2. Medición de alcalinidad (pH)

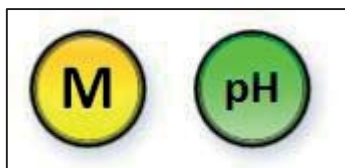
La medición de la alcalinidad es el segundo procedimiento que se realiza a un proceso de teñido, con la finalidad de proveerle a la tela el nivel de acidez necesario para que las reacciones químicas entre la fibra y baño de teñido, funcionen de manera que asegure las especificaciones iniciales.

Los valores de medición de pH fluctúan entre 4 a 5.5 dentro de la escala de alcalinidad, que tiene un rango de 0 a 14. Un valor muy por encima o debajo del rango especificado para el nailon, repercute directamente en la calidad de coloración, debido a que el pH influye directamente en la absorción de colorante de las poliamidas en los procesos húmedos que sucede durante el teñido y la fijación en el proceso de termo-fijado.

Es por esta razón que, el departamento de tintorería realiza estas pruebas en etapas del proceso para asegurar que la tinción de fibras se realice de manera homogénea y se eviten defectos de calidad.

El ícono que indicará el tiempo dentro del proceso, en el cual se debe de realizar una medición de alcalinidad, es un círculo color verde musgo con los iniciales pH circunscritos en él.

Figura 28. **Iconos de toma de muestra y medición de pH**



Fuente: elaboración propia.

3.4.2.3. Nombre de las operaciones

El nombre de las operaciones se indicará en la parte baja de la curva de teñido, para identificar cada parte del proceso, además, de su duración. Se anota esta información, debido a que la curva de teñido tiende a crear confusión por la similitud de las tendencias de las gráficas de cada subproceso.

3.4.2.4. Línea de tiempo y operaciones

La línea de tiempo y de operaciones es un cuadro de control donde se especifican tres valores indispensables para control del proceso. El primer y segundo valor es el número de operación, el cual indica cronológicamente en el tiempo establecido el tipo de trabajo que se está realizando a la fibra nailon, como adición de químicos, llenado de máquina, mantenimiento, entre otros.

El tercer valor de la línea de tiempo es la duración en minutos de cada operación y proceso completo. Este dato es de suma importancia para el departamento de tintorería, debido a que cualquier aumento o decremento del tiempo en cada operación, puede ocasionar inconvenientes directos sobre el nailon. Aunque las máquinas de teñido son semi automatizadas y tienen un sistema que permite especificar la duración de las operaciones, es necesario que se verifique el cumplimiento exacto de la duración del proceso.

3.4.2.5. Nomenclatura

Son el conjunto de abreviaciones de los procedimientos que se emplean para realizar un proceso de teñido. Estos aparecen en la regla de operaciones y se especifican para que el colaborador de producción verifique si este se está cumpliendo o no.

3.5. Análisis financiero de la propuesta

Se detallan los costos iniciales y periódicos involucrados para el desarrollo del proyecto, que permitirán posteriormente realizar un análisis comparativo entre la forma de producir actualmente versus los métodos propuestos. El análisis mostrara datos concisos en los cuales se mostrará fehacientemente que la propuesta puede incidir en la mejora técnica y económica de las operaciones de teñido de nailon.

3.5.1. Inversión inicial

Por medio del análisis de la situación actual del proceso, se determinó la cantidad y tipos de recursos que se deben emplear para la alternativa propuesta. Se presenta a continuación un resumen de los costos iniciales totales involucrados para equipo, materiales e instalaciones necesarias del proyecto.

3.5.1.1. Equipo y materiales

Se detallan a continuación los costos iniciales para la compra de un equipo o los materiales principales, que son necesarios para la implementación del proyecto.

Los materiales necesarios para realizar el nuevo proceso de teñido, se calculan con base al rendimiento que se empleará para realizar dicha operación. En varios pasos dentro del proceso los materiales se repiten; sin embargo es importante especificarlos, ya que los rendimientos empleados son diferentes.

Tabla XII. Costo de materiales para el proceso propuesto

Costo de materiales para el proceso propuesto					
Proceso	Químico	Rendimiento (g/l)	Costo U	Cantidad	Costo total
Lavado previo	Detergente	1	Q 1,00	6	Q 6,00
Teñido	Ácido acético	0,5	Q 7,16	3	Q 21,49
	Antiespumante	0,2	Q 25,29	1,2	Q 30,35
	Donador de ácido	2,5	Q 48,72	15	Q 730,73
Fijado	Fijador de nailon	0,04	Q 37,81	16	Q 604,96
	Ácido acético	1	Q 7,16	6	Q 42,98
Neutralizado	Ácido acético	1	Q 6,00	6	Q 36,00
				Total	Q 1 472,51

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la inversión económica para equipo, no se hará ningún esfuerzo para la compra de nuevas máquinas teñidoras y auxiliares, ya que luego de evaluar las actuales se considera que sus condiciones son óptimas y únicamente se trabajará con el departamento de mantenimiento para elaborar un plan preventivo que permita prolongar la vida útil y efectividad de la maquinaria.

Sin embargo, si se adquirirá equipo electrónico moderno para realizar las mediciones de pH a lo largo del proceso de teñido, dado que actualmente se emplean aparatos manuales que pueden incidir negativamente en los resultados de las pruebas que se realizan.

3.5.1.2. Instalación

No se considera la contratación de personal externo para el desarrollo del proyecto, dado que la instalación que se realizará no conlleva ninguna modificación o adición de partes a la maquinaria. Sino únicamente se actualizará el sistema operativo con los datos del nuevo proceso.

Para esto se emplearán las personas de mantenimiento encargadas de estas actividades. El costo de instalación se obtendrá de las horas que los trabajadores asignados empleen en aplicar los cambios a las máquinas y el tiempo en el cual no se producirá.

Según datos históricos, se tiene considerado un tiempo promedio de 3 horas para llevar a cabo la actualización del sistema operativo de la maquinaria, se emplean 2 personas de mantenimiento para llevar a cabo estas operaciones. En la tabla XIII, se muestran los costos de instalación considerados:

Tabla XIII. **Costos de instalación**

Costo de Instalación			
Trabajadores	Horas c/u	Costo hora	Costo total
2	3	Q 9,85	Q 59,10
Total			Q 59,10

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Capacitaciones

Los costos relacionados a las capacitaciones que deberá implementar la empresa para un correcto desarrollo del proceso, se asocia al tiempo en el cual se empleará a los trabajadores para brindarles la información necesaria, esto se traduce a la cantidad de horas que ellos tomarán de sus actividades operativas para recibir la inducción.

Según información del Ministerio de Trabajo y Previsión Social, el sueldo mínimo para el año 2015 es de Q2 644,40 para el sector agrícola y no agrícola, dando como resultado un Q.9,85 por hora laborada. Actualmente se encuentran distribuidas en toda la planta 15 máquinas para teñir, estas emplean 2 operarios cada una lo que convierte a un total de 30 trabajadores en total. Se considera una capacitación de 8 horas diarias por una semana (de lunes a viernes) para un grupo de 15 personas y de igual manera al grupo restante.

Tabla XIV. Costo de capacitación

Costo de Capacitación			
Trabajadores	Horas c/u	Costo hora	Costo total
30	8	Q 9,85	Q 2 364,00
		Total	Q 2 364,00

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Costos periódicos

Son todas aquellas erogaciones que se realizarán para garantizar que los equipos funcionen de manera óptima. En estos se incluyen algunas reparaciones necesarias, costos de mantenimiento, modificaciones de operaciones, evaluaciones, entre otros.

Tabla XV. Costos periódicos

Costos Periódicos				
Descripción	Frecuencia	Costo Unitario	Cantidad	Total
Limpiador de acero inoxidable 3m	Mensual	Q 60,00	4	Q 240,00
Wippe	Mensual	Q 3,50	100	Q 350,00
			Total	Q 590,00

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO PROCESO DE TEÑIDO DE FIBRA NAILON

4.1. Análisis financiero

El análisis financiero es donde intervienen todas las variables económicas del proyecto para determinar a corto plazo, si el proyecto de mejora de procesos será factible para la organización. Este estudio se basa en el uso de indicadores financieros, que permiten evaluar la rentabilidad del proyecto en la comparación de costos y beneficios actuales contra propuestos, evaluados a los largo de una vida útil.

4.1.1. Cálculo de la rentabilidad de la inversión

Para realizar un análisis de la rentabilidad del método propuesto, se emplearán algunas herramientas financieras que permitirán desarrollar una comparativa entre las operaciones actuales y las planteadas, para observar a largo plazo si la optimización ha sido atractiva económicamente para la empresa.

Los datos empleados en este análisis, son los descritos en el capítulo anterior, donde se involucran los costos de adquisición de materiales, equipo y de recursos humanos, los cuales intervienen directamente en el costo de manufactura de la fibra nailon. También están involucrados los costos periódicos e iniciales que propone la optimización para desarrollar un proyecto que funcione a largo plazo.

4.1.1.1. Diagrama de flujos

Para desarrollar un diagrama de flujos se conocerán los costos iniciales y mensuales de la propuesta, considerando que el proyecto está sujeto a costos variables debido al uso de energía eléctrica y agua potable. Además, se consideran los ingresos promedio que se obtendrán de la venta de yardas de tela que se produzcan. En el apéndice 4 se muestra el procedimiento realizado para obtener el cálculo de los costos e ingresos mensuales para el proceso propuesto.

En la tabla XVI, se observan los costos e ingresos proyectados durante doce meses, para realizar un análisis proyectado de los beneficios que se obtendrían con la implementación del nuevo proceso de teñido. Es importante recalcar que los datos mostrados en la tabla inferior, son únicamente para una máquina que realiza en promedio un total de ochenta procesos de producción de manera mensual y con base a esta fabricación, se realizó la proyección de los ingresos por ventas de forma mensual.

Tabla XVI. Diagrama de flujos para la propuesta de inversión

Mes	Inversión inicial	Costo de producción mensual	Ingreso total por ventas mensuales	Flujo de efectivo
0	Q 3 250,50			Q (3 250,50)
1		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 182 813,23
2		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 368 876,97
3		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 554 940,70
4		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 741 004,44
5		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 927 068,17
6		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 1113 131,90
7		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 1299 195,64
8		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 1485 259,37
9		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 1671 323,11
10		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 1857 386,84
11		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 2043 450,58
12		Q 434 148,71	Q 620 212,45	Q 2229 514,31

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.2. Valor presente neto

El valor presente neto o valor actual neto (VPN), es una herramienta económica analítica de proyectos de inversión. El VPN consiste en evaluar un proyecto con una tasa de inversión en términos de mediano y largo plazo, en donde existe una inversión inicial, ingresos y egresos y regularmente un valor de rescate, proveniente de la venta de los bienes en uso.

El dato que este brinda indica si la inversión es económicamente rentable al día de hoy para la empresa denotando este valor como positivo, en cambio, si el valor numérico da negativo es un indicador que la inversión no atraerá frutos para la empresa y se debe de descartar su esfuerzo.

Para el desarrollo de un valor presente neto se consideran varias fórmulas que permiten analizar el comportamiento del proyecto a lo largo de un tiempo establecido. Las ecuaciones que se emplean se denotan a continuación:

$$\text{Presente dado un futuro} = (P/F/i/n) = \frac{F}{(1+i)^n}$$

$$\text{Presente dado una anualidad} = (P/A/i/n) = \frac{A \cdot [(1+i)^n - 1]}{i \cdot (1+i)^n}$$

$$\text{Presente dado un gradiente} = (P/G/i/j/n) = A \cdot \left[\frac{1 - \frac{(1+i)^n}{(1+j)^n}}{i-j} \right]$$

Donde

A = anualidad a erogar

I = interés

n = cantidad de tiempo en que se analizará la opción

j = porcentaje del gradiente.

P/G y P/A se denotan como presente dado un gradiente y presente dado una anualidad respectivamente. Se le conoce como gradiente geométrico al incremento positivo o negativo del dinero a un valor porcentual y gradiente aritmético al valor que incremente a una misma tasa durante el período de la inversión.

El VPN para este proyecto estaría dado por los costos iniciales totales del proyecto, los costos mensual de materiales y materias primas, costos de mano de obra directa, costos y gastos de mantenimiento y costos graduales operativos de recursos como agua y luz. También se especifican los ingresos proyectados para una vida útil del proyecto, que en caso de este trabajo se considerará de doce meses. La ecuación que representaría este indicador quedaría de la siguiente manera:

$$VPN_{Propuesta} = - [I_n + (P/A, 12 \%, 12) + (P/A, 12 \%, 12) + (P/A, 12 \%, 12) + (G/A, 12 \%, 12)]$$

Donde

I_n = suma total de los costos iniciales, lo que representa la inversión inicial.

G/A= gradiente dado una anualidad

P/A= presente dado una anualidad

La finalidad del valor presente neto es indicar al inversionista, los montos totales de beneficios que brindara el proyecto durante una vida útil de operación. Este se realiza empleando una proyección de los ingresos y egresos del proyecto, es decir, realizar un flujo de efectivo, para posteriormente evaluar en moneda actual los beneficios netos y con base a este resultado decidir si la propuesta es viable económicamente.

Tabla XVII. **Valor presente neto de la propuesta para un período de 12 meses**

Valor Presente Neto		
(Valores en Quetzales)		Valor
Inversión inicial	Q	3 250,50
Costo mensual de producción	Q	434 148,71
Ingreso total mensual por ventas	Q	620 212,45
VPN	Q	364 991,30

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla XVII, el análisis del VPN para la propuesta de inversión arroja un valor positivo de Q. 364 991,30. Este valor se considera atractivo económicamente por que genera un beneficio sobre el esfuerzo de la inversión. Es decir, que en moneda actual la empresa recibiría libre de impuestos el valor mostrado por el Valor Presente Neto durante un período de operación del proyecto de doce meses.

Se debe de considerar que el VPN solo es un indicador, que permite la toma de decisiones, para invertir. Los valores mostrados pueden variar, si las cantidades a considerar para su cálculo se modifican. Por tal razón, no es una representación real de los beneficios que se obtendrán.

4.1.1.3. Análisis beneficio/costo

El análisis beneficio-costo es otra de las herramientas de análisis de proyectos más usadas por su fácil empleo y sublimes resultados. Su función se basa en la definición de los costos o gastos del proyecto, así mismo de los beneficios que este brindará a la empresa cuando ya esté implementado. En unidades monetarias indica cuantos quetzales se obtendrán de beneficio por cada quetzal invertido.

Para este proyecto, los beneficios se traducen en todos los ahorros que el proyecto de optimización ha brindado a la empresa. Esto se deriva de la reducción de uso de energía eléctrica y agua potable, un mejor uso de insumos y eliminación de procedimientos que no son necesarios.

Los beneficios son todos aquellos provenientes de la diferencia entre los ingresos y costos, es decir, es la ganancia marginal que provee un esfuerzo de inversión. Los costos se dividirán en costos de mano de obra, costos de producción, materiales e insumos. La inversión inicial es el esfuerzo económico que la empresa deberá desembolsar para comprar equipos y/o materiales que permitan iniciar el proyecto.

La siguiente ecuación permite realizar la relación B/C para un proyecto de inversión:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos totales en la vida del proyecto}}{\text{Inversión y costos de operación en la vida del proyecto}}$$

Donde:

B/C = razón beneficio-costo.

- Si la relación B/C es mayor que 1, indicará que la empresa tendrá más beneficios que costos y por tanto se puede financiar.
- Si la relación B/C es menor que 1, indicará que la empresa no debe de financiar la inversión ya que el proyecto es muy costoso.

Es importante explicar que la relación simple B/C producirá un resultado beneficioso, si se analiza un proyecto de forma individual y no comparándolo con otras opciones de inversión. Para este caso, el estudio B/C nos indicará que la inversión es rentable para la empresa, pero no que es mejor que otro que se pueda proponer.

Tabla XVIII. **Costos totales de la propuesta de optimización**

Recursos de entrada	Recurso	Consumo	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
	Agua potable	42 m ³	Por proceso completo	Q 1,9712 / m ³	Q 82,79
	Energía eléctrica	146,6 kW	5,91 horas	Q 1,283072 / kWh	Q 970,59
	Total recursos de entrada				Q 1 053,38
Insumos por proceso	Proceso	Repeticiones	Costo por proceso	Subtotal	
	Lavado previo	1	Q 6,00	Q 6,00	
	Neutralizado	1	Q 6,00	Q 6,00	
	Teñido	1	Q 782,57	Q 782,57	
	Fijado	1	Q 647,94	Q 647,94	
Total insumos				Q 1 442,51	
Materia prima	Materia prima	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	
	Fibra nailon	400 kg	Q 7,68 /kg	Q 2 824,00	
	Total materia prima				Q 2 824,00

Continuación tabla XVIII

Mano de obra directa	Numero de empleados por máquina	Costo por hora	Horas por operario	Subtotal
	2	Q 9,05	5,91	Q 106,97
Total mano de obra directa			Q 106,97	
Costo total de producción				Q 5 426,86

Fuente: elaboración propia.

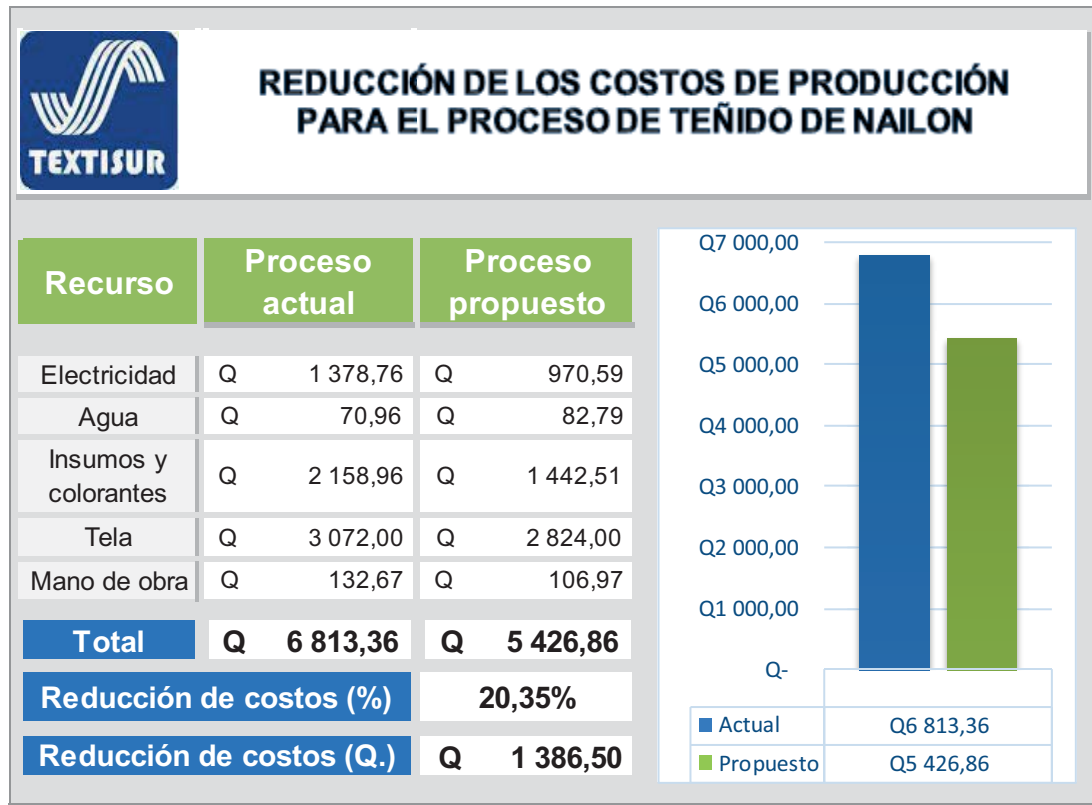
Para obtener el valor de los beneficios que se obtendrá con el proyecto de optimización, se debe de realizar la diferencia entre los costos totales del proceso actual y los costos totales del proceso propuesto. Esta diferencia representa los ahorros que obtendrá la empresa mensualmente.

Donde

$$\text{Ahorro} = \text{costos métodos actuales} - \text{costos de la propuesta}$$

Luego de esta operación con los costos actuales, como se muestran en la Tabla V, y los de la propuesta que se indican en la tabla XVIII, aquí se obtiene una reducción de Q.1 386,50 por máquina para un proceso de 5,91 horas. Si se realizara la operación para un total de quince máquinas teñidoras, se obtiene un ahorro de Q.19 860,00 por proceso y Q.79 440,00 para un día de trabajo, lo cual se considera un beneficio muy atractivo para las operaciones de la empresa.

Tabla XIX. Ahorro para el proceso de teñido de nailon



Fuente: elaboración propia.

Los ahorros se obtienen de la reducción de tiempo de proceso, lo que se traduce a la rebaja de costos de electricidad y agua potable, asimismo, la mejora de los procedimientos de tintura impacto en la rebaja de uso de químicos auxiliares. Esto en conjunto repercute en la mejora ambiental del proceso de tintura, al mejorarse la gestión de recursos y proponer un adecuado tratamiento a los efluentes de salida de cada una de las máquinas.

Luego de obtener un desglose completo de los ingresos que se obtendrán con la propuesta de optimización, así también, los costos del actual proceso, se procede a calcular la razón B/C. Esta se muestra en la Tabla XX.

Tabla XX. Razón B/C simple para la propuesta de optimización

Beneficio / Costo	
(Valores en quetzales)	Valor
Inversión inicial	Q 3 250,50
VPN de ingresos totales	Q 434 148,71
VPN de los costos totales	Q 620 212,45
B/C	1,42

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, la razón B/C para la propuesta es mayor que 1, por lo que se espera si sea beneficiosa para la empresa; sin embargo, esta evaluación se llevó a cabo a corto plazo para un único proceso de teñido en el tiempo establecido, para obtener los beneficios globales para la organización se debe de evaluar en un lapso mayor.

Un relación beneficio costo de 1,42, indica en forma general, que por cada quetzal que la empresa invierta para realizar el proyecto, esta obtendrá de ingreso un quetzal con cuarenta y dos centavos, obteniendo una ganancia marginal de cuarenta y dos centavos de quetzal. A medida que este número incremente se suponen mayores serán los beneficios obtenidos por la implementación del proyecto.

4.1.1.4. Período de recuperación de la inversión

Para nuestro propósito el período de recuperación de la inversión, que es el tiempo necesario en donde el proyecto genera suficientes beneficios para pagarse a sí mismo. Se evaluará de manera mensual y no anual, debido a que los costos de producción de fibra nailon son muy altos y se considera que la propuesta brindará en menos de un año beneficios económicos. La recuperación se dará luego de alcanzar el punto de equilibrio, es decir, los costos sean iguales a los beneficios, en ese tiempo exacto se considera que la inversión ha sido recuperada.

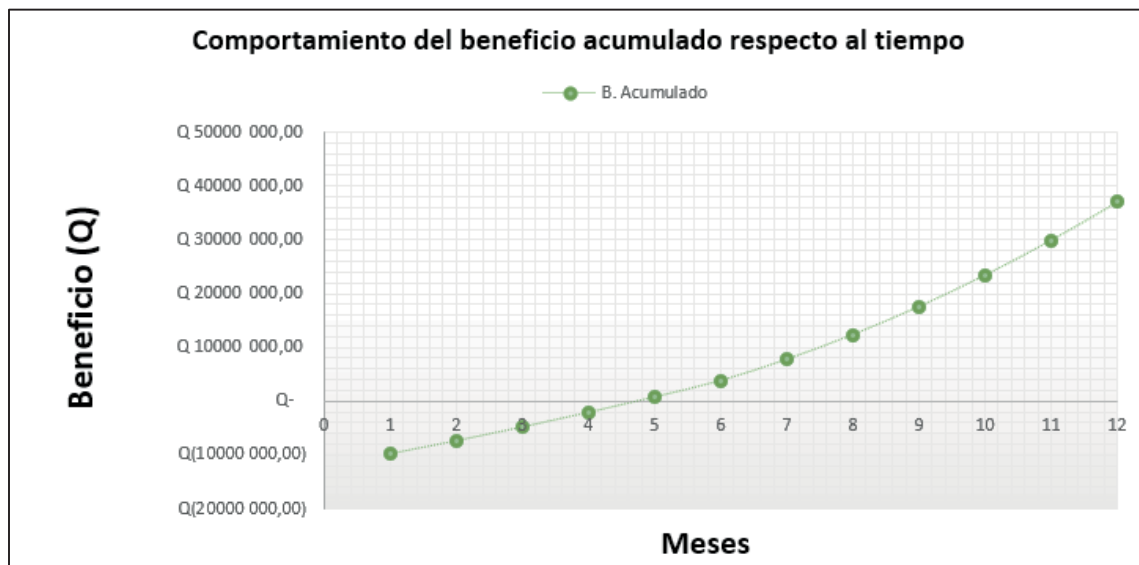
Para desarrollar este análisis se desglosan en el apéndice 4 los beneficios y costos por mes, para luego obtener si para el periodo evaluado, el resultado fue positivo o negativo. El cálculo se obtiene mediante la operación de restar los costos de los beneficios y sumarlo al del mes anterior para obtener un acumulado.

Como se observa en la figura 30, se realizó el análisis de este comportamiento en un lapso de 12 meses, esta gráfica muestra que los beneficios directos comienzan a obtenerse a partir del sexto mes de operación del proyecto. Esto es debido al comportamiento que obtiene la empresa, según sus operaciones, dado que los primeros meses en la industria textil se ve una reducción de la demanda de tela, obteniendo con esto que los ingresos sean menores al igual que la ganancia acumulada.

A partir del sexto mes se incrementa la demanda y la oferta, haciendo que los costos de producción se reduzcan y las ventas incrementen. Esta última tendencia se observa un crecimiento acelerado desde el mes de julio a diciembre. De esto es importante recalcar que estos datos lógicamente pueden ser cambiantes con el tiempo, si se da un incremento o reducción de costos.

De los análisis económicos realizados, se puede deducir que el proyecto de optimización de procesos es beneficio para la empresa en los tres ámbitos en que está enfocado el estudio: económico, técnico y ambiental. Para que esta propuesta obtenga mejores resultados, se considera realizar un estudio de mercado más avanzado en cuanto a materias primas e insumos a más bajo costo que los presentados en este estudio, con el fin de obtener una recuperación financiera rápida y ahorros más significativos. En la figura 30 se observa el comportamiento del beneficio acumulado.

Figura 30. **Comportamiento del beneficio acumulado**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Programación de las actividades

En este inciso se detallaran todos aquellos materiales que fueron cotizados para la optimización del proyecto actual. Así como todas las operaciones que se deben de realizar para el desarrollo de la implementación de materiales, preparaciones de maquinarias y capacitación especial a los trabajadores.

4.2.1. Materiales a emplear

Luego de haber analizado el proceso actual, se determinó que para obtener un proceso más biodegradable, la optimización se debe de basar en las materias primas y auxiliares de teñido. El estudio determinó que se deben de eliminar algunas operaciones innecesarias del proceso como el descrude y fijado. Además, la sustitución de los actuales químicos empleados por productos certificados por organizaciones que velan por el medio ambiente.

Para inducir al personal en la nueva forma de agregar los materiales al proceso de teñido, se emplearán los procedimientos operativos estandarizados (POE), los cuales describen la forma de aplicación de los materiales paso a paso, las medidas preventivas de seguridad que se debe de tener, frecuencia, medidas a emplear, entre otros.

No se debe de confundir los POE con los procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES); el primero es aplicable a cualquier área de trabajo, donde se quieran estandarizar las operaciones; el segundo, se emplea directamente en la industria de alimentos para desarrollar todas las tareas de saneamiento para asegurar la inocuidad alimenticia.

Debido a que no existe un formato establecido para el desarrollo de estos, cada organización tiene la posibilidad de poder diseñarlos acorde a sus necesidades particulares. A continuación se describe las partes de los POE, para realizar la operación indicada.

- Objetivo: describir la finalidad del POE.
- Alcance: lugar, departamento o maquinaria para el cual está destinado.
- Materiales y equipo a emplear: descripción de los materiales a emplear para el desarrollo de las tareas.
- Equipo de protección personal: equipo necesario para el desarrollo de las tareas.
- Frecuencia: describe el período de tiempo en que se debe de aplicar el material a emplear.
- Medidas de seguridad: medidas preventivas que debe de seguir el trabajador para desarrollar las tareas sin ningún peligro.
- Desarrollo de actividades: se describen las actividades en forma cronológica para llevar a cabo la tarea operacional. Se indican cantidades y detalles de los equipos.
- Anexos: documentos que respaldan o intervienen en la realización del documento.
- Ficha de seguimiento y autorización: área donde se anota quién redactó, aprobó y revisó el documento.

4.2.1.1. Detergentes

Los detergentes que se emplearán en el lavado previo poseen características aniónicos, es decir, negativamente cargados. Estos permiten la liberación de las moléculas de suciedad y grasas que la tela absorbe durante su elaboración.

Este tipo de limpiador posee alta efectividad y limpieza, por tal razón, no se analizó otro tipo de detergente que sustituyera al actual, sino únicamente se hizo un estudio del rendimiento de este material, para evitar el desperdicio y usar únicamente lo necesario para el proceso. En el siguiente POE, se indica cómo se debe de realizar la adición de detergentes al proceso.

Tabla XXI. Procedimiento operativo estandarizado para detergentes

	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO		NUEVO: Si	Fecha 19/11/2015
	ADICIÓN DE DETERGENTES PARA PROCESO DE TEÑIDO DE NAILON 6 Y 6.6		ANULA: No	Fecha
MODIFICA: No			Fecha	
Textiles del Sur Internacional, S.A	Código No. _____		Fecha de Emisión:	
Departamento de tintorería cerrada			19/11/2015	
Objetivo:	Brindar los lineamientos necesarios al operador de máquina, para llevar a cabo una correcta agregación de detergente.			
Alcance:	Jefes del área, supervisores de turno, operadores de máquina.			
Equipo a emplear:	Maquinaria Jet o Autoclave, taza medidora de materiales.			
Frecuencia de aplicación:	Una vez por proceso, en el procedimiento de lavado previo, teniendo una duración de 3 minutos y empleando un rendimiento de 1 gramo de detergente por cada litro de agua en baño.			
Equipo de seguridad:	Lentes de seguridad, mascarilla, guantes para altas temperaturas, botas industriales			
Paso No.	Procedimiento	Desarrollo de actividades		
1	Verificación de temperatura	Observar en la máquina teñidora que el baño de tintura se encuentre a 30°C		
2	Realizar cálculo de rendimiento	Verificar la relación de baño que se esta empleando, conjuntamente con la capacidad en litros de la máquina. Agregar 1 gramo de detergente por cada litro de agua. Usar taza medidora		
3	Adición de detergente	Luego de tener las cantidades correctas de detergente, agregarlo al recipiente de alimentación. Realizarlo en un solo procedimiento, sin pausas.		

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.2. Químicos auxiliares

Son todos los productos que ayudan a la fibra nailon a reafirmar características de solidez y tonalidad, además de características especiales que el cliente quiera agregarle a su producto. Para la propuesta de optimización se eliminaron algunos químicos auxiliares como la soda *ash* junto a un espumante, los cuales se empleaban en el proceso de descrude para eliminar grasas.

Los químicos auxiliares que empleará la propuesta son ácido acético, igualador y productos a solicitud del cliente para agregar diferentes características a la tela. El ácido acético es empleado en los procesos de teñido, fijado y neutralizado. Mientras que el fijador únicamente para el fijado de nailon. En los apéndices 5 y 6 se especifica mediante un POE la forma de agregación de ácido acético y fijador de nailon respectivamente.

4.2.1.3. Colorantes

Los tintes que se emplean para teñir una tela están asociados a la aceptación que esta tenga, a las moléculas de colorante dispersas en el agua. Para el nailon es recomendable emplear tintes ácidos o pre metalizados por la solidez de los colores que estos brindan. Dado que ninguna tintura cumplirá con todas y cada una de las exigencias de solidez. Se debe de seleccionar el colorante que más se adecúe a la fibra y para el uso final al que se destina el textil es, en general, una elección difícil que debe hacerse con mucho cuidado.

Los procedimientos de adición de los tintes se modificaron para la propuesta, dado que el análisis mostró que la forma en que se realizaba actualmente, ocasionada una desigualación de teñido, ya que no era agregado en su totalidad sino se llevaba a cabo por partes.

En la propuesta también se enfatiza mucho en el control de la temperatura y el tiempo de adición, ya que interfieren grandemente en una óptima coloración. De igual manera se proponen medidas de control rigurosas en el cálculo de la relación de baño y rendimiento de colorantes a emplear. El apéndice 7 muestra los procedimientos que se deben de llevar para la dosificación de los colorantes, para las máquinas Jet y *Beam*.

4.2.2. Preparación de equipos a emplear

La maquinaria es uno de los aspectos más importantes a considerar para realizar un proceso de distribución homogénea del colorante. Para obtener buenos resultados de tinción se debe de preparar las máquinas acorde a la producción y tipo de tela a teñir, para evitar reprocesos y pérdidas de materiales. La preparación de la máquina puede incluir actualizaciones a su sistema operativo, limpieza de maquinaria, carga adecuada de tela, entre otras.

Se debe de crear un sistema de inspecciones periódicas que permitan identificar cualquier pequeña deficiencia que en un futuro haga fallar al equipo y ocasione erogaciones innecesarias en mantenimientos correctivos, que atrasan la producción y encarecen el producto final. Adicionalmente se debe de reforzar los programas actuales de mantenimiento preventivo, información que se desarrollará con más detalle en el capítulo 5.

4.2.2.1. Máquina Jet

Las Jet son máquinas textiles en donde tanto la tela como el baño con colorantes se encuentran en movimiento. Son equipos cerrados herméticamente en donde la tela es rociada de colorante por una tobera, la cual permite una buena distribución del tinte en la superficie del nailon, debido a que la fibra se encuentra inmersa en soluciones de agua y tinte.

Este tipo de maquinaria es muy empleada en la industria textil, debido a que puede trabajar con relaciones de baño de hasta $\frac{1}{4}$, lo cual reduce el consumo de agua en los procesos. Así también, su forma de operar hace que la tela se tiña de forma homogénea evitando manchas o una mala igualación de color. Actualmente Textisur emplea 8 máquinas Jet, las cuales debido a falta de mantenimiento preventivo y malos procedimientos de operación, representa una deficiencia en la operación de carga. Este procedimiento es indispensable para asegurar un buen proceso de teñido, dado que de realizarse erróneamente conllevan a un desperdicio de tela.

La carga de tela es el procedimiento en el cual el nailon se ingresa a la máquina. Este se realiza tomando el inicio y final del total de tela que se quiere teñir, unirlos y cocerlos para formar un círculo que permitirá que la gire dentro de la máquina teñidora y evite atascarse en su interior. Actualmente se realiza de manera incorrecta puesto que no sea lleva a cabo la unión de las puntas de la tela y se ingresa de esa manera a la máquina ocasionando roturas a la tela por la fricción con el metal.

Figura 31. **Carga de tela a máquina Jet**



Fuente: Fotografía tomada en empresa Textisur, S.A.

4.2.2.2. Máquina autoclave

La máquina autoclave es empleada para teñir telas muy delicadas como el nailon, ya que por su funcionamiento el cual se basa en mantener la fibra fija y el baño de teñido en movimiento, se evita que la tela se rasgue o doble por movimientos mecánicos como puede suceder en una máquina Jet. Otra de las características principales de la máquina autoclave es que permite teñir a alta temperatura, razón por la cual se empleará para los acabados del nailon, los cuales se realizan a más de 100°C.

Al igual que la máquina Jet, la carga de nailon se debe realizar de manera correcta antes de realizar cualquier proceso húmedo. Por la forma de operación de la máquina autoclave dichas operaciones pueden ocasionar un accidente laboral si los procedimientos de carga no siguen los lineamientos establecidos por producción y el equipo de seguridad Industrial.

El correcto proceso de carga a la máquina autoclave inicia luego de haber realizado el proceso de prefijado, la tela en su rollo se transporta a la máquina enrolladora, la cual por medio de una serie de rodillos el nailon se ajusta a la tensión necesaria para iniciar el proceso de teñido. Posteriormente, el *Beam* con la tela nailon se transporta hacia la máquina autoclave, para acoplarla a una base con rodillos que permiten ingresar el nailon a la máquina y posteriormente cerrar la máquina autoclave con sus seguros para mantener la presión interna. En el anexo 3, se puede verificar la correcta forma de llevar a cabo estos procedimientos.

4.2.3. Implementación de materiales

La implementación de los materiales anteriormente descritos deben de realizarse bajo dos rigurosos parámetros, como el tiempo y la temperatura a la que está sometido el baño de tintura, para lo cual se propone a continuación las medidas correctas que se deben de seguir para llevar a cabo una correcta adición de químicos y materias primas al proceso.

4.2.3.1. Tiempo de adición

Para asegurar la correcta dosificación de colorantes y químicos de teñido, se debe de cronometrar el proceso para certificarse que la adición se está llevando a cabo en el tiempo establecido. A este parámetro se le debe de poner más énfasis que a la temperatura, puesto que las máquinas de teñido no controlan directamente el tiempo de proceso, razón por la cual la medición de tiempo se hace manual y siguiendo las indicaciones de la curva de teñido.

4.2.3.2. Temperatura de adición

La temperatura a la cual se adicionan los materiales cumple un papel importante dentro de la tinción de nailon, dado a las características de esta fibra de absorber colorante a bajas temperaturas. Si se dosifican tintes a las temperaturas no indicadas se puede incurrir en una mala penetración de color y por lo tanto, un mal proceso de teñido, que conllevará directamente a desperdicio. Si se realiza un reproceso de teñido sobre nailon 6 o 66 con problemas de absorción de colorante, es prácticamente imposible teñir óptimamente la tela, ya que el nailon es un termoplástico que tiende a cerrar sus fibras fácilmente con la temperatura.

Aunque esta operación es más controlable gracias a la forma de operar de la maquinaria, la cual mantiene constante la temperatura a la cual fue programada, se debe verificar en el equipo la temperatura a la que se encuentra el baño de tintura, previo a agregar los colorantes o químicos auxiliares. En la tabla XIX se especifica el tiempo y temperatura en el cual se debe de realizar la agregación de materiales al proceso.

Tabla XXII. Tiempo y temperatura de adición de materiales al proceso

		TIEMPO Y TEMPERATURA DE ADICIÓN DE MATERIALES POR PROCESO		Fecha de emisión:
				19/11/2015
Página : 1 / 1				
Proceso				
Nailon				
Actual/Propuesto				
Textiles del Sur Internacional, S.A.				Propuesto
Departamento de tintorería cerrada				
Proceso	Material	Temperatura (°C)	Tiempo (m)	Rendimiento
Lavado Previo	Detergente	30	3	1 gramo de detergente por cada litro de baño de tinte
Teñido	Ácido acético	30	5	1 g de ácido por cada litro de baño de tinte
	Colorante	30	20	Según formulación
	Donador de ácido	30	5	2.5 g de donador por cada litro de baño de tinte
Fijado	Fijador	30	20	4 % por el total de kilogramos de tela
	Ácido acético	30	10	1 g de ácido por cada litro de baño de tinte
Neutralizado	Ácido acético	30	5	1 g de ácido por cada litro de baño de tinte

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Revisiones generales

Las revisiones generales son una serie de observaciones que debe de realizar el supervisor u operario encargado de la línea de producción, con la finalidad de asegurar los parámetros de teñido de nailon.

Estas observaciones se dividen en pre, durante y post operación, las cuales se deben de documentar durante cada proceso y lote de teñido.

4.2.4.1. Revisiones pre operatorias

Es el procedimiento por el cual se inspeccionan todas las operaciones que se indican en el inciso 4.2.2., para asegurar que el lote de nailon cumpla con los prerequisites de calidad establecidos. Las revisiones se deben de enfocar en el prefijado, transporte de tela a maquinaria y carga de tela al equipo. Las inspecciones se deben de realizar mediante observación y medición, documentando todo lo sucedido durante estas operaciones. Validando y firmando cualquier documento e informando cualquier inconveniente al jefe inmediato.

4.2.4.2. Revisiones durante operación

Son todas las verificaciones de procedimientos de los procesos húmedos como el fijado, neutralizado y teñido, para asegurar la calidad de la tinción en la tela. Estas inspecciones se deben de realizar siguiendo los procedimientos de los incisos 4.2 y sus subincisos, donde se involucran tiempos y temperaturas de adición de materiales, rendimientos de los químicos agregados, medición de pH, tomas de muestra de tela e información del lote de producción. El supervisor encargado debe de documentar toda esta información, empleando el formato planteado que se visualiza en el apéndice 8.

4.2.4.3. Revisiones post operatorias

Son todas las inspecciones que se deben de realizar luego de finalizado el proceso completo de teñido. Esta revisión involucra los procedimientos de descarga del lote de tela y su debido proceso de empaque, indicado en el capítulo siguiente, específicamente en el inciso 5.3.4 empaque de producto final.

4.2.5. Pruebas de funcionamiento

Las actividades de esta etapa comprenden en llevar a cabo cada uno de los diferentes procedimientos para completar el proceso de teñido propuesto. Esto incluye verificar sus funcionalidades, parámetros, variables y aplicaciones para lograr el mayor entendimiento del proyecto en los trabajadores.

Las pruebas de funcionamiento se deben de efectuar posteriormente de brindar la capacitación de cada procedimiento, para reducir significativamente la instrucción en planta que puede afectar la producción y ocasionar atrasos. La enseñanza de los nuevos métodos de trabajo y procedimientos está a cargo de los jefes de las áreas involucradas, siendo estas: procesos, calidad, seguridad industrial, mantenimiento y producción.

Los procedimientos de las pruebas de funcionamiento son todos los descritos en los diferentes incisos del capítulo 3. Cada uno de ellos se debe de analizar, evaluar y planear su mejora con el tiempo, para asegurar que siempre se tenga un impacto positivo en las operaciones de producción y el medio ambiente.

4.2.6. Capacitación del personal

La capacitación de personal es uno de los puntos en los cuales la empresa debe de enfocarse para concluir satisfactoriamente los objetivos organizacionales y el proyecto de optimización. La formación no debe de realizarse únicamente para informar de las operaciones industriales, sino para crear una conciencia y un sentido de pertenencia, que hará a los trabajadores sentirse apreciados en sus puestos de trabajo. Los temas en los cuales se debe de capacitar a los trabajadores son:

- Información general de la empresa, su misión, visión, valores y objetivos de la organización.
- Temas de concientización ambiental, uso adecuado de recursos, reducción de impacto ambiental, producción más limpia.
- Seguridad industrial, riesgos y peligros del trabajo, uso correcto de equipo de protección personal, entre otros.
- Operación del proyecto de optimización, procedimientos, parámetros a medir y modificadores en proceso.

Cada capacitación será impartida por el personal correspondiente a cada tema, enfocándose tanto al personal de reciente ingreso como a los actuales empleados, en un lapso mínimo de 3 meses por inducción.

4.2.6.1. Procedimiento de implementación

Como se especificó en el inciso 4.2.1., las actividades de implementación de la propuesta de optimización, se regirán por las directrices de los diferentes jefes de área. Ellos estarán a cargo de la organización y distribución de trabajo, para ejecutar los cambios al proceso.

Adicionalmente, como parte de la capacitación y apoyo a los trabajadores, se crearon los POE, los cuales son una guía para el trabajador, en donde puede consultar los procedimientos necesarios para llevar a cabo una tarea rutinaria. Para la propuesta de optimización se crearon cuatro POE, siendo estos: agregación de detergentes, ácido acético, fijador de nailon y colorantes.

En estos documentos se especifica, las herramientas, equipos y rendimientos de los materiales que se deben de agregar al proceso. Además, pasos cronológicos de cómo llevar a cambio la adición de materiales. El operador tendrá disponible estos archivos para poder consultar los pasos de implementación y evitar inconvenientes que pudiesen ocasionar un fallo en producción, así también, los supervisores de área tendrán una herramienta de capacitación, las cuales se deben de analizar, evaluar y mejorar en un tiempo prudencial.

4.2.6.2. Seguridad e higiene industrial

Seguridad e higiene industrial son el conjunto de procedimientos y recomendaciones técnicas enfocadas en garantizar un ambiente de trabajo que no afecte a la salud de los trabajadores, proponiendo medidas preventivas que reduzcan cualquier riesgo o peligro derivado de las operaciones industriales.

Como en cualquier organización, la seguridad industrial se considera para este proyecto como el punto de partida para realizar cualquier actividad. Se debe de evaluar cada uno de los aspectos de las operaciones para identificar los riesgos o peligros a los cuales pueden estar sujetos los trabajadores y emplear herramientas de ingeniería para reducirlas, modificarlos o eliminarlos.

Por el tipo de industria, los operadores pueden estar más sujetos a ciertos peligros, tal es el caso para la industria textil: peligros físicos, químicos, ergonómicos, entre otros.

El departamento de seguridad industrial es el encargado de realizar las capacitaciones acorde al puesto de trabajo, brindar todo equipo necesario para la reducción de peligros y llevar la gestión de higiene industrial, elaborando planes de acción que permitan evaluar que las operaciones actuales no repercutan a largo plazo en la vida de los empleados.

Para la propuesta no se trabaja en ningún plan de seguridad e higiene industrial, pero si se dan algunas recomendaciones al departamento encargado en reforzar con capacitaciones en los siguientes temas:

- Seguridad industrial: su importancia dentro de la organización, diferencia entre peligro y riesgos, clases de peligros, medidas preventivas.
- Equipo de protección personal: clasificación de EPP, importancia de uso, uso correcto del equipo brindado.
- Políticas de seguridad industrial: La seguridad industrial dentro de la empresa, seguridad industrial como obligación para los trabajadores y procedimiento disciplinario ante falta de seguimiento.

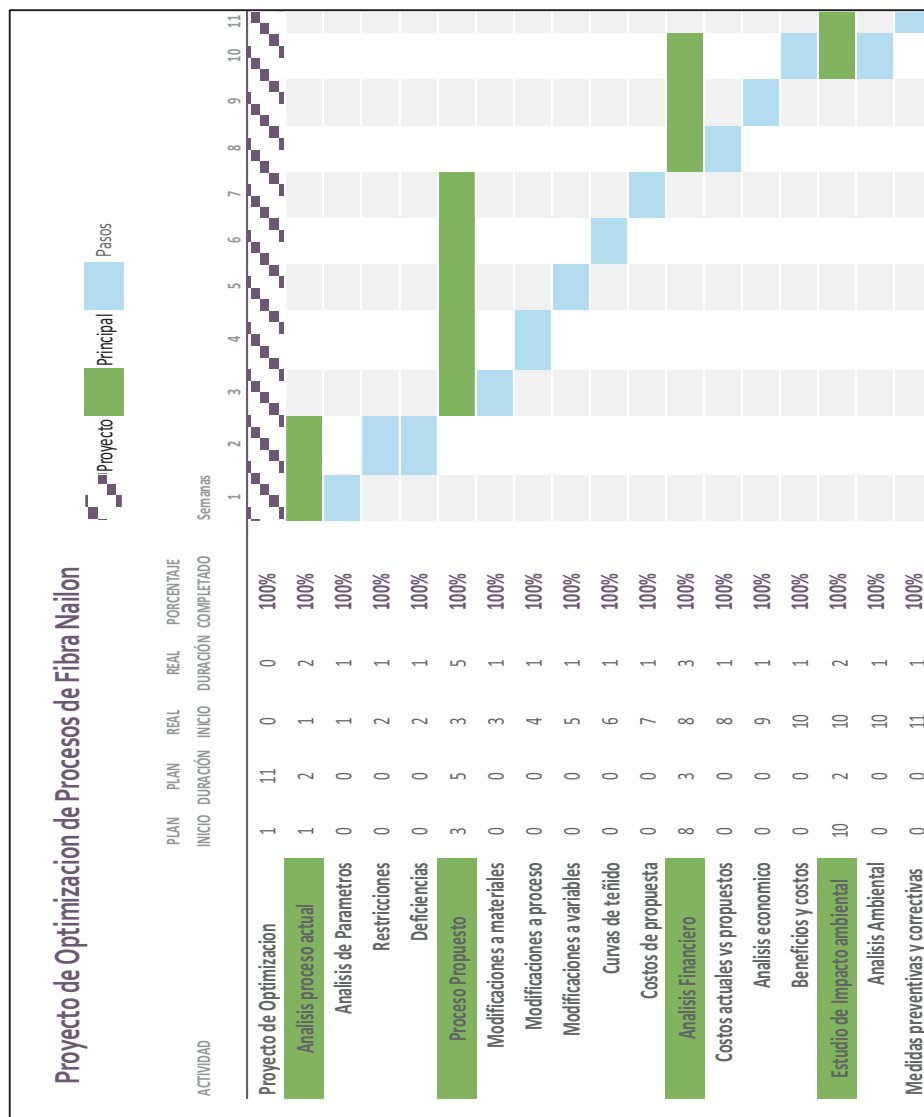
4.3. Diagramación de actividades

La diagramación de actividades comprende el plan para llevar a cabo el desarrollo del proyecto estableciendo de forma gráfica, las fechas y duración esperada por cada una de ellas.

4.3.1. Duración esperada del proyecto

La duración esperada para el proyecto se considera de 2 meses como se observa en la figura 32.

Figura 32. Diagrama de Gantt del proyecto



Fuente: elaboración propia.

5. MANTENIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Textisur cuenta con un departamento de mantenimiento, el cual se encarga de aplicar técnicas habituales para conservar los equipos empleados en las tareas de producción. Los objetivos del departamento están basados en cuatro principios: la fiabilidad de la maquinaria, la disponibilidad de tiempo, la vida útil y el costo de mantenimiento. El área se conforma por Gerente de mantenimiento, Jefe de mantenimiento, un supervisor por turno y mecánicos industriales.

Aunque la empresa no se encuentra certificada en una norma de gestión de calidad, la gerencia ha adoptado el uso de una documentación adecuada que permita llevar el registro y control de cualquier modificación y mantenimiento de las máquinas que se emplean actualmente. Dichos análisis permiten al departamento de mantenimiento llevar el control de inventario de repuestos, la periodicidad de mantenimiento y un cuadro que permita tener datos históricos de las fallas detectadas en la maquinaria.

5.1. Actividades de mantenimiento de máquinas teñidoras

Como consecuencia del uso continuo de la maquinaria, la empresa lleva a cabo en todas sus líneas de producción mantenimiento preventivo y correctivo, para mantener la funcionalidad de los equipos y alargar su vida útil.

5.1.1. Mantenimiento preventivo

Se conoce como mantenimiento preventivo a la aplicación de una tarea programada y que se lleva a cabo en el tiempo establecido, para reducir la probabilidad de averías de un equipo. Este tipo de mantenimiento puede ser desde un engrase o lubricación de piezas, hasta un cambio completo de piezas o desarme de la máquina. Se analiza, inspecciona y evalúa las máquinas en operación, registrando y documentando cada modificación realizada para mantener la fiabilidad de operación y reducir costos de producción ocasionados por paros de maquinaria o defectos por mal funcionamiento.

5.1.2. Mantenimiento correctivo

Las actividades de mantenimiento correctivo se llevan a cabo cuando sucede una avería que no se tenía programada, afectando así al desempeño del equipo. Este tipo de procedimiento regularmente emplea la sustitución una parte de la maquinaria o realizar reparaciones sin retiro de piezas. Es el tipo de mantenimiento más ordinario que existe dentro de las industrias, ya que en algunas las empresas no cuentan con un plan de mantenimiento adecuado que les permita llevar un control de averías.

5.2. Programación de actividades de mantenimiento

Por la forma de operación de las máquinas teñidoras, se propone realizar el mantenimiento preventivo de manera mensual. Esto será llevado a cabo por el personal de mantenimiento, conjuntamente con el personal de producción, para planear adecuadamente dichas actividades y evitar paros de producción en planta.

5.2.1. Revisiones periódicas de mantenimiento

Debido al ritmo de trabajo de planta de producción, se contempla llevar a cabo las revisiones que permitan identificar fallos en maquinaria, cada 2 semanas. Registrando y analizando, cada uno de estos análisis para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo mensualmente.

5.2.1.1. Cronograma para revisiones

Como se especificó en el inciso anterior, se propone realizar revisiones a la maquinaria cada dos semanas de operación, a manera de determinar las causas que ocasionan defectos en el equipo y ejecutar actividades de sustitución o reparación de piezas, para garantizar un flujo continuo de producción.

Debido a que la empresa cuenta con quince máquinas teñidoras, se propone realizar las revisiones de la siguiente manera: las primeras dos semanas del mes observar las 8 máquinas teñidoras Jet y las próximas semanas el resto de maquinaria que son de tipo autoclave. Con base a este tipo de revisiones, se puede determinar el estado actual de las piezas o partes de la maquinaria, decidir si se realiza un mantenimiento de carácter preventivo o correctivo, además, determinar si las piezas serán reparadas o sustituidas. En la figura 33 se observa el cronograma para revisiones para las quince máquinas teñidoras.

Figura 33. **Cronograma de actividades para la revisión de máquinas teñidoras**

Máquina	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	■		■		■		■		■		■		■		■	
2	■		■		■		■		■		■		■		■	
3	■		■		■		■		■		■		■		■	
4	■		■		■		■		■		■		■		■	
5	■		■		■		■		■		■		■		■	
6	■		■		■		■		■		■		■		■	
7	■		■		■		■		■		■		■		■	
8	■		■		■		■		■		■		■		■	
9		■		■		■		■		■		■		■		■
10		■		■		■		■		■		■		■		■
11		■		■		■		■		■		■		■		■
12		■		■		■		■		■		■		■		■
13		■		■		■		■		■		■		■		■
14		■		■		■		■		■		■		■		■
15		■		■		■		■		■		■		■		■


Observaciones			
Máquina 1		Máquina 9	
Máquina 2		Máquina 10	
Máquina 3		Máquina 11	
Máquina 4		Máquina 12	
Máquina 5		Máquina 13	
Máquina 6		Máquina 14	
Máquina 7		Máquina 15	
Máquina 8			

Fuente: elaboración propia.

5.2.1.2. Cuadro de control de funcionamiento

Consiste en una lista de registro o verificación, en las cuales se especifica todos los aspectos identificados en las revisiones que pueden ocasionar el mal funcionamiento de las máquinas teñidoras. En la tabla XXIII, se muestra un ejemplo de un cuadro de control de funcionamiento.

Tabla XXIII. Cuadro de control de funcionamiento para las máquinas teñidoras

		Nombre: Cuadro de control de funcionamiento para las máquinas teñidoras		Código: CRO:02:Mant		Versión: 01-2015	
Máquina a revisar		Fecha		Fecha control previo			
Capacidad producción (kg)	Mínima			Tipo de máquina	Jet		
	Promedio				Autoclave		
	Máxima				Otra		
Capacidad agua (L)	Tipo de telas que se pueden trabajar		Rectilíneas		Hilos		
			Circulares		Toallas		
			Licras		Otras		
¿La máquina presenta golpes o rajaduras?		¿Existe alguna parte de la maquinaria donde se vean filtraciones de agua?					
¿Existe una sección de la máquina con partes en mal estado o rota?		¿La máquina presenta en su exterior óxido u otro síntoma de deterioro?					
¿La máquina presenta vibraciones durante la operación?		¿La máquina genera más ruido de lo normal? ¿Cuál es el nivel de ruido de la máquina?					
¿Cuál es el estado actual de las conexiones eléctricas y de vapor?		¿A cuánto se encuentra la presión de bomba?					

Fuente: elaboración propia.

5.3. Controles del aseguramiento de la calidad del proceso

Aseguramiento de la calidad es el conjunto de métodos, técnicas y procedimientos que permiten elaborar un producto o servicio, que reúna las características solicitadas por el cliente para satisfacer una necesidad, a corto, mediano o largo plazo. Esta metodología se encuentra un paso delante de un simple control de calidad, ya que esta busca de forma preventiva obtener en tiempo preciso, los defectos o las características que no agregan valor a un producto o servicio, para posteriormente eliminarlos o reducirlos, antes que estos sean entregados al cliente.

La globalización y capitalismo ha repercutido en la gestión de calidad de los productos, dado que los actuales clientes son más exigentes con respecto a las características de los mismos, ocasionando que la industria en general concentre sus esfuerzos en crear sistemas eficientes de producción, que reduzcan al mínimo los defectos en los bienes producidos, para tener consumidores satisfechos, que adquirirán nuevamente el producto.

Textisur posee sistemas de gestión que permiten evaluar de manera constante cada uno de los procesos productivos y así, mejorar cada uno de ellos, para reducir la cantidad de lotes de tela con defectos, permitiendo ser más eficientes en el uso de recursos y brindar una mayor cantidad de producto terminado al mercado local e internacional. A continuación se especifican controles de calidad para el proceso de teñido propuesto.

5.3.1. Mediciones y revisiones

La primera parte del programa de aseguramiento de la calidad, consiste en verificar que los parámetros establecidos para el producto en proceso y producto terminado sean cumplidos en su totalidad. Para lograr este objetivo el encargado de producción deberá de analizar y comparar los indicadores del proceso contra los previamente establecidos, para posteriormente tomar una decisión que revierta cualquier situación que se encuentre fuera de control.

5.3.1.1. Mediciones de pH

Las mediciones de pH es necesario que se realicen en los procesos de teñido y fijado. Debido a que durante los procedimientos previos a la tinción del nailon, se realiza la eliminación de impurezas a la fibra con un nivel de alcalinidad alto, dado que lo alcalino permite un mayor grado de limpieza. Cuando la fibra se encuentra en un proceso de tintura posee un valor de pH entre 10 a 13, por lo cual se debe realizarse bajo estas condiciones: el colorante no se distribuiría uniformemente, ocasionando problemas de desigualación de color. Para este análisis se emplea un medidor de pH que mide el valor nominal de alcalinidad en el agua, brindado los datos en tiempo real. Para realizar este procedimiento se deben de seguir los lineamientos de la tabla VIII.

5.3.1.2. Agotamiento

Durante la etapa de teñido, luego de haber realizado la medición de pH inicial, se puede dar un seguimiento al agotamiento. Este consiste en que las moléculas de colorante hacen su ingreso al nailon, estas moléculas se mantienen suspendidas en el baño de tintura y por medio del incremento de temperatura se expande la tela, estimulando a que dichas partículas migren a su interior, observándose un cambio en el baño de colorante, el cual va reduciendo su intensidad en color.

Conforme la temperatura aumenta las moléculas viajan al interior de la fibra, dándose este traslado en su mayoría en la etapa del mantenimiento de temperatura a 105°C para nailon 6 y 110°C en nailon 66. Los tonos claros requieren menos tiempo de proceso a dicha temperatura para lograr el agotamiento. Los tonos oscuros siempre necesitan de 45 a 60 minutos para lograr un agotamiento adecuado.

Al iniciar la etapa de enfriamiento, se cierra el ciclo de agotamiento e inicia la fase de retención de las moléculas de colorante en la fibra; ya que mientras la temperatura decrece los poros de la fibra se van cerrando, dejando encerradas dichas moléculas, generando así el teñido de fibra para luego ser fijadas en un proceso ácido.

Cabe mencionar que un agotamiento correcto puede medirse mediante el chequeo del pH final de tintura. Si el proceso fue realizado con donador de ácido, el pH debió iniciar en 7.5-7.0 y finalizar en 4.5-4.0. Si este pH es correcto, el proceso de agotamiento fue llevado a cabo exitosamente. En ciertas ocasiones, es fácilmente determinar que el proceso no fue correcto, cuando el pH final se encuentra arriba de 5.0.

Si esto sucede, es debido a la presencia de alcalinidad en agua, fibra, máquina, etc. Para revertir la alcalinidad se calienta el baño a alta temperatura sin antes haber ajustado el pH. A continuación se presentan otros aspectos a considerar para el agotamiento:

- Volumen del baño

Es la concentración de gramos de producto por cada litro de baño. Para obtener este valor se emplea la siguiente operación:

$$\text{Peso del producto (g)} = \text{concentración del producto} \left(\frac{\text{g}}{\text{l}} \right) * \text{volumen del baño (l)}$$

De esta manera se optimiza la cantidad de materiales a emplear en el proceso continuo de tinción, permitiendo una buena igualación de colorante durante el agotamiento.

- Relación de baño

Es la cantidad de litros de agua que se necesita por proceso para llevar a cabo la tinción de nailon. Es importante que este cálculo se realice de manera correcta, dado que demasiada agua en el procedimiento de agotamiento conllevaría a que el colorante se disperse demasiado sobre la superficie del agua ocasionando una des igualación de color en el nailon. El procedimiento para el cálculo de la relación de baño se muestra en el inciso 2.1.3.4.

5.3.1.3. Marcas en tela

La mayoría de máquinas Jet de hoy en día, disponen de varias cuerdas para teñir. Estas separan de forma ordenada la cantidad de tela dentro de la máquina. Siempre que exista un roce entre tela-metal, tiende a incrementarse la aparición de fallos como arañones, sobones, picaduras. Debido a que el proceso de tinción es cerrado, la calidad física de la tela podrá comprobarse hasta descargar la tela de su interior, para lo cual puede evidenciarse si alguna cuerda en específico está dañada, mediante la marcación de las puntas de la cuerda respecto al número específico de canal de la máquina.

Estas marcas permitirán saber inmediatamente qué sección o cuerda, posee daños en su interior, los cuales deberán pulirse con un material abrasivo de grano fino para eliminarlos. Las marcas pueden ser agujeros en cantidad al número de cuerda o bien utilizar marcador textil. Realizarlos a una distancia de un metro de la punta del rollo, para no ser eliminados en la costura de los rollos previa al secado en rama.

5.3.1.4. Recubrimientos

Los recubrimientos textiles son productos químicos que se están diseñados para aplicarse a cualquier tipo de tela. La finalidad de este tipo de aditivo es brindarle propiedades hidrofílicas a la tela, para evitar que cualquier tipo de líquido se adhiera. Con esto se obtiene una protección contra manchas y otros agentes externos que pueden dañar la fibra permanentemente. Están compuestos generalmente a base de resinas y termoplásticos, que brindan buenas protecciones al desgaste y temperaturas.

La aplicación de estos productos se da regularmente en la industria de la confección, en telas para ropa deportiva, asientos de vehículos y mobiliarios para el hogar.

5.3.2. Pruebas físicas

Las pruebas físicas son una serie de ensayos que se realizan directamente sobre la fibra para observar su calidad. Reciben el nombre de pruebas mecánicas o de durabilidad y su objetivo principal es examinar la habilidad de mantener sus propiedades al exponerse a condiciones de presión, fuerza, estiramiento u humedad. Este tipo de pruebas se realizan siguiendo los procedimientos establecidos por entidades internacionales de estandarización y medición de textiles como ASTM, ISO, AATCC y JIS.

5.3.2.1. Solidez

En cualquier tela teñida el parámetro de solidez es el más importante y solicitado por los clientes. Este parámetro ha ido variando a través del tiempo, de tal manera que se ha incrementado durante los últimos años; por lo tanto su importancia y su rango de aceptación es bastante cerrado.

La solidez como tal se puede interpretar como el grado de manchado de una tela teñida a otra de color blanco, sin importar si son o no del mismo tipo de fibra. También puede entenderse como que tanto o que poco destiñe dicha tela. Su parámetro de medición varía de 0 a 5. Donde 0 es la escala más baja, entendiéndose que la tela mancha demasiado y se dice que tiene pésima solidez. Prácticamente esta tela con una solidez de cero, ante cualquier lavado mancharía cualquier tela con la que se encuentre en contacto. Una valor de 5, es una tela teñida con excelente solidez.

Conociendo que una solidez de cinco es excelente y cero una pésima solidez, se deriva la interpretación de la misma, ya que existen solideces a lavados, a exposición a la luz, al frote y varias más. Por ejemplo, una solidez de 5 al lavado en una tela, no manchara cualquier otra con la que este en contacto. Mientras que una solidez de 5 al frote, no se degradara su color al entrar en contacto con otra prenda y friccionarse fuertemente.

Hoy en día, la mayoría de clientes en el mercado, solicitan como mínimo una solidez de cuatro años. Esto debido al incremento en la calidad solicitada por el consumidor final.

5.3.2.2. Ancho

Para la medición del ancho de tela se emplea los lineamientos especificados por la norma ASTM D3774. EL método se aplica a todo tipo de telas textiles. En una mesa plana se coloca la pieza o muestra, libre de cualquier tensión, permitiendo su libre acomodo y medir el ancho. El método se aplica a rollos completos o piezas cortas. Dependiendo del método de prueba, si hubiese orillas también se incluyen en la medición.

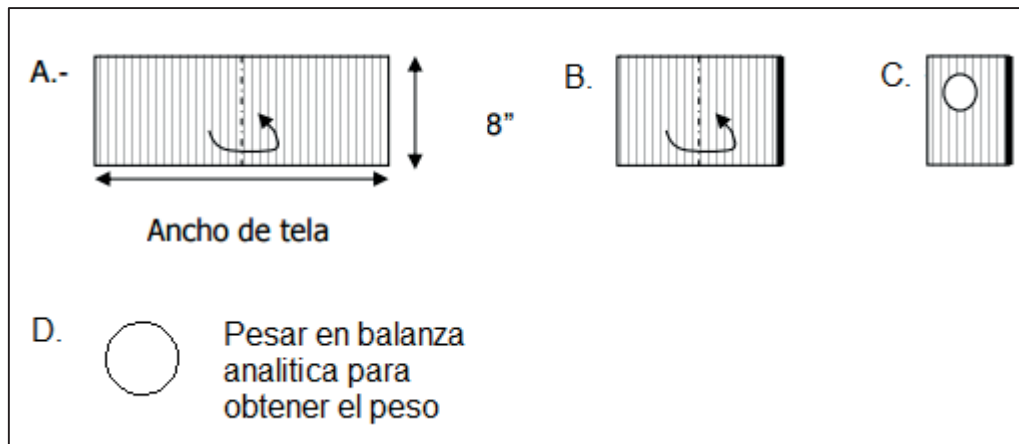
5.3.2.3. Peso

Se le conoce como peso a la medición de masa de tela por unidad de área. Este tipo de prueba es de mucha importancia en la industria textil, específicamente para la calidad de las telas y el costo de producción, debido a que el peso está íntimamente relacionado al precio de venta de la fibra. La unidad de medida generalmente empleada es gramos por metro cuadrado (g/m²).

El parámetro de peso está relacionado con el ancho de la tela; igual que el ancho, se puede jugar entre estas dos variables para alcanzar lo solicitado por el cliente. El peso también varía de proceso en proceso al que es sometida la tela. En la mayoría de ocasiones para lograr el peso requerido por el cliente, se necesitan varios desarrollos para lograr alcanzarlo.

La forma de determinar el peso de una tela es mediante el “ponchado” de una muestra de tela. Se utiliza una ponchadora, la cual posee una cuchilla circular que prensa la tela contra una base de cartón o esponja y logra atravesarla, cortando así una rueda de medidas establecidas. Esta debe pesarse y así es como se logra determinar el peso de la tela.

Figura 34. **Procedimiento de ponchado de tela**



Fuente: elaboración propia.

5.3.2.4. *Stretch*

El *stretch* es un parámetro que indica la elasticidad de la tela. Cuando se habla de *stretch* se piensa rápidamente en *spandex*, una fibra que posee esta cualidad. Pero no todas las telas poseen *spandex*, pero sí *stretch*. Aunque en muy poco grado. Y este parámetro se refiere a la distancia que alcanza una tela al alongarse de un punto a otro. Simplemente trata de medir el grado de elasticidad, el cual es importante en algunas telas por el tipo de prenda que va a ser confeccionada.

En telas tejidas con una sola fibra al 100 %, dicho porcentaje es bajo, caso especial son aquellas telas con contenido de fibra *spandex*, el cual varía en algunas ocasiones hasta un 75 % fibra y 25 % *spandex*. Mientras más *spandex*, más elasticidad tendrá la tela. Dichas telas en el mercado son conocidas como lycra, aunque este término es incorrecto, ya que es un nombre registrado de fibra *spandex*, aunque así se les reconoce a las prendas por su alta elasticidad.

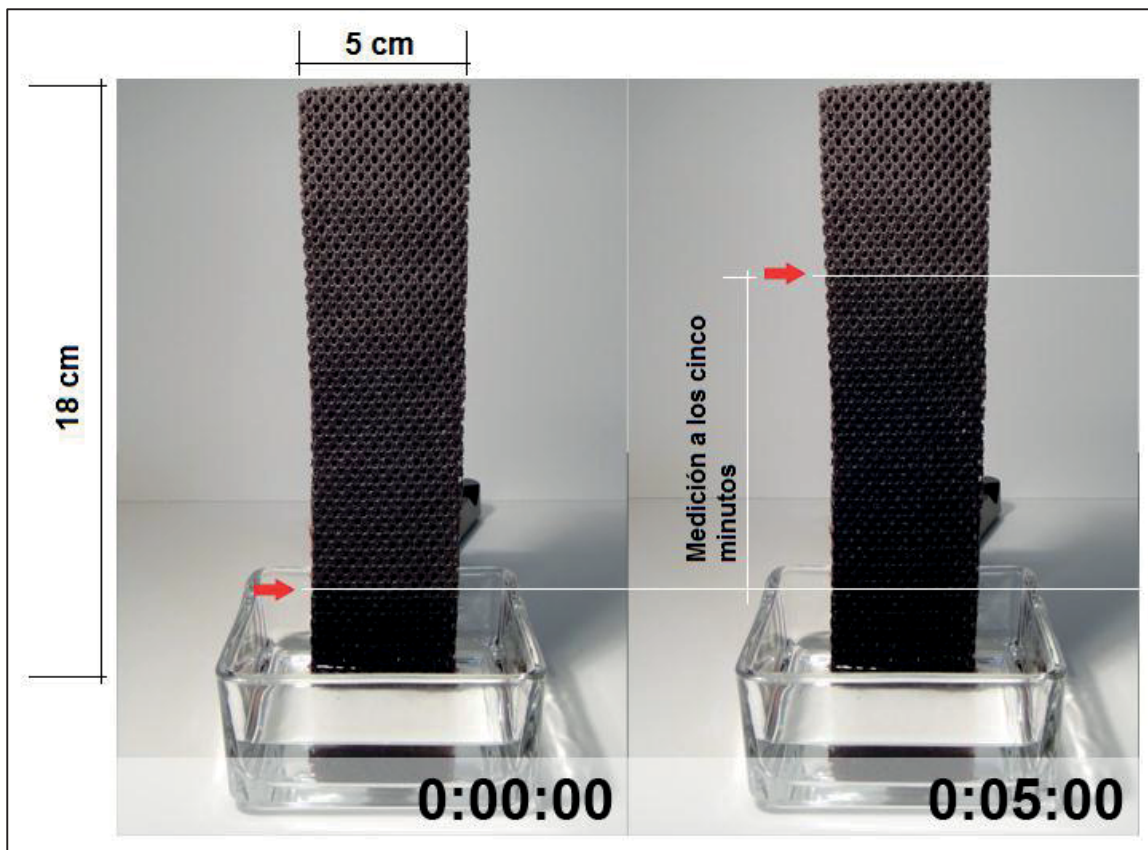
5.3.2.5. *Wicking*

El *wicking* es un acabado en sí que se le da a la tela ya sea durante el proceso de teñido o ya bien durante el secado en rama. Este parámetro está definido como la cantidad de agua que puede absorber la tela durante una determinada cantidad de tiempo. Queda sujeto a la necesidad del cliente el grado de absorción de agua. El parámetro más utilizado hoy en día para medir el *wicking* es de cinco centímetros en cinco minutos.

El acabado *wicking* se da por la aplicación de un producto que provee la capilaridad a la tela, necesaria para absorber agua y retenerla. Este tipo de tela es utilizada en su mayoría en prendas deportivas.

El procedimiento para realizar esta prueba inicia con recortar un trozo de tela del lote a analizar, con dimensiones de cinco centímetros de ancho por dieciocho centímetros de largo. Se emplea una cantidad de agua de cinco centímetros de alto y se sumerge de manera vertical la muestra de tela a evaluar, midiendo con una regla la altura a la cual alcanza el agua. La medición se emplea en intervalo de cinco minutos. En La figura 35 se observa cómo se realiza la prueba de *wicking*.

Figura 35. **Prueba *wicking***



Fuente: elaboración propia.

Por ser una propiedad dada por un producto químico, esta con el tiempo se va degradando. De manera que el *wicking* va decayendo en su absorción de las 0 a 10 lavadas en las prendas comunes. En prendas de alta calidad, llegan a soportar hasta 30 lavadas. La duración del *wicking* en una tela va de la mano con la calidad del producto químico utilizado para ello.

Su aplicación en tintorería no repercute en el color final de la tela. Cuando es aplicado en rama, en ocasiones tiende a virar el tono hacia otro cuadrante del espectro de color, por lo cual debe ser considerado durante el desarrollo de la tela para que no existan rechazos por tonos fuera de estándar.

5.3.3. Acabados

El acabado de telas es un proceso que se realiza para aumentar las características de la tela, tales como su suavidad, apariencia, comportamiento, entre otros. Esto se realiza debido a que durante los diferentes procesos de producción la tela pierde muchas propiedades, así como grasas y aceites, lo cual afecta directamente en la calidad superficial del nailon. Los acabados que se realizan a la tela se pueden dividir como: temporales, permanentes y renovables. A continuación se exponen los controles que se deben de llevar a ciertos parámetros para dar un buen acabado a la fibra nailon.

5.3.3.1. Temperaturas

La temperatura es una variable que interviene en el agotamiento de los colorantes hacia la tela, se debe de verificar continuamente que las operaciones se realicen a los grados de temperatura establecidos, para evitar que la tela obtenga manchas durante la tinción o su color se debilite.

En la tabla VII se especifica en grados centígrados el valor de la temperatura a la cual la máquina debe de operar, para obtener una tinción con buenos resultados. Para llevar este control el encargado de la máquina debe registrar por proceso, la temperatura de operación y compararla con los datos establecidos.

5.3.3.2. Sublimación de colorante

La sublimación es un efecto no deseado durante el proceso de acabado de telas sobre todo en las telas sintéticas. Este efecto se produce cuando la tela es sometida a una temperatura mayor que la de prefijado, por lo cual se traduce que la fibra por la alta temperatura logra abrirse y el colorante que se encuentra en su interior logra salirse mediante el acabado. Al enfriarse la fibra vuelve a cerrarse, pero una parte del colorante queda fuera de la fibra y superficialmente, provocando así una mala solidez.

Para evitar este problema, se debe respetar la temperatura de acabado y tener controles estrictos sobre esta. Se deben realizar pruebas durante el desarrollo de los tonos, para tener presente el rango de temperatura para trabajar.

5.3.3.3. Suavizado

Este proceso no es más que la aplicación de un producto que otorga propiedades de tacto más dócil a la tela. La aplicación varía dependiendo el proveedor y si trabaja en medio neutro o ácido. Generalmente se prepara una solución dada por el proveedor del producto (en gramos de suavizante por litro de agua), este es enviado de un tanque de preparación por medio de una bomba, hacia una bandeja que posee rodillos por donde se sumerge completamente la tela.

A la salida, existen rodillos de presión conocidos como *Foulards*, los cuales eliminan el porcentaje deseado de suavizante (depende de la aplicación, generalmente es del 30 %).

Luego de aplicado el suavizante, la tela ingresa a las recámaras de la rama de secado, donde con la acción de la temperatura, la tela adquiere el tacto que se necesita.

5.3.3.4. Antioxidante

Los antioxidantes son productos químicos empleados en la industria textil para brindar a las telas, propiedades de protección contra rayos ultravioleta, alta temperatura y desgaste. Alargando así su vida útil.

La aplicación de este tipo de químicos, se da por lo general en telas sintéticas con características termoplásticas como el nailon 66. El rendimiento que se emplea para la agregación de este material depende del tipo de tela a trabajar y las necesidades del cliente, para lo cual la empresa realiza un análisis de la cantidad en gramos que se deben de aplicar por cada litro de agua en el proceso de tinción.

5.3.4. Empaque de producto final

El empaque del producto es la etapa final del proceso de producción, en donde se prepara la tela para ser transportada a las bodegas de producto terminado, para posteriormente ser comercializada o distribuida al consumidor final. En Textisur no se emplea un procedimiento de empaque tan elaborado, ya que el empaque primario que se maneja únicamente brinda protección a la tela contra manchas o roturas que pudiesen ocurrir durante su traslado.

5.3.4.1. Material de empaque

Se emplean dos tipos de material de empaque para recubrir a la fibra nailon; el primero es tela de algodón, la cual se une con el final del nailon para dar una primera protección. Posteriormente el rollo completo es recubierto con polietileno, el cual recubre en su totalidad a la tela.

5.3.4.2. Procedimiento de empaque

El empaque de la fibra nailon inicia luego de haber retirado la tela de las máquinas teñidoras y haber realizado el proceso de secado. Para el empaque se toma el final del rollo de tela y se realiza una unión entre la fibra nailon y tela de algodón, para proveer una protección al lote completo contra arañones, manchas y roturas.

Luego de este procedimiento, los operarios utilizan polietileno para elaborar un envoltorio e introducir el lote de tela. Posteriormente, este es ajustado mediante cintas y se almacena en la bodega de producto terminado. En el anexo 4, se observa los dos materiales empleados para recubrir la tela nailon.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Un estudio de impacto ambiental (EIA) es un análisis de carácter técnico-legal que permite identificar y predecir los efectos que tendrá sobre el medio ambiente, una actividad, proyecto u obra determinada, analizándola y cuantificándola para obtener un dictamen que acepte o rechace la actividad, brindando recomendaciones para reducir los efectos que se pudiesen incurrir en el lugar de ejecución.

Un EIA brinda información acerca del manejo de residuos, situaciones ambientales peligrosas, salud laboral, gestión ambiental de la organización, así como, diferentes indicadores que permiten evaluar a una organización en el tema ambiental-legal. Este análisis indicará los impactos previstos del proyecto de optimización, cómo prevenir y/o reducir los efectos negativos que esta actividad involucre.

La legislación actual guatemalteca establece que toda empresa, organización e industria, que desea realizar una actividad técnica debe de realizar un estudio de impacto ambiental, esto de acuerdo a la normativa de la Ley de Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente, Decreto 68 de 1986. Los entes involucrados en un EIA son: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), comunidades involucradas, empresarios y consultores autorizados.

Adicionalmente del Decreto 68, el Marco Legal vigente, que verifica, analiza y regula el impacto ambiental de todas las empresas textiles en Guatemala, se puede observar en el anexo 5 en donde se especifican todas las leyes y reglamentos, especificados por diferentes entes del país.

Como se especificó en capítulos anteriores, la metodología que se empleará para la gestión ambiental del proyecto es: producción más limpia. Esta técnica involucra procesos, productos, servicios y personas, los cuales deben de ser manejados adecuadamente, para mejorar la eficiencia general de una organización y reducir los riesgos hacia el ambiente y personas.

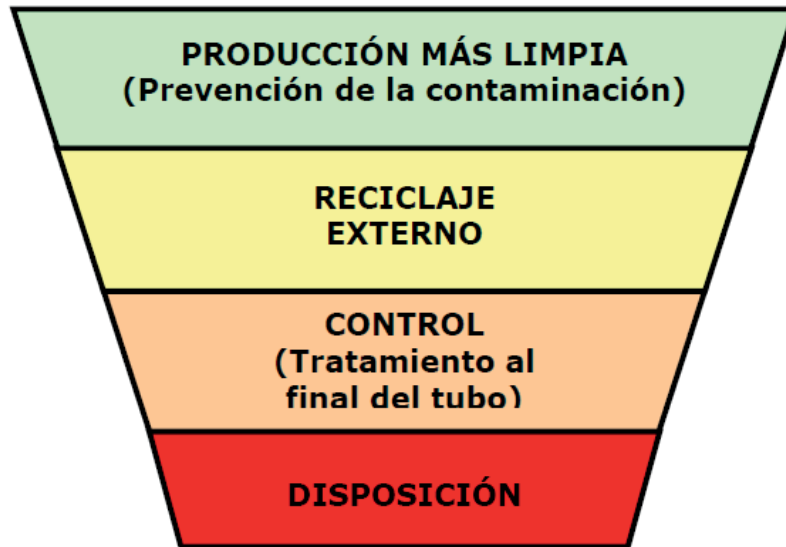
Esta gestión empresarial-ambiental viene implementándose en las empresas desde los años 90, época en donde se identificó que los procesos productivos eran generadores de desechos, residuos y emisiones que afectaban al medio ambiente, contaminando ríos, lagos, bosques, entre otros sistemas naturales.

Las industrias han observado que al aplicar lineamientos de producción más limpia a las plantas de producción se reducen costos operativos, se dan ahorros en materias primas e insumos y se logra reducir el desperdicio, dando así rentabilidad a sus procesos industriales. Además, evitan ser multadas por entidades ambientales nacionales e internacionales que vigilan por que los procesos productivos sean eco-amigables.

La implementación de producción más limpia busca pasar de un proceso ineficiente correctivo de la contaminación, a uno eficiente de prevención en la fuente de la contaminación, haciendo énfasis en el reciclaje/reuso, sustitución de materias primas e insumos, ahorro de materias primas, uso racional del agua y la energía eléctrica.

El proceso de reducción de la contaminación consta de cuatro partes principales: Prevención por medio de la reducción en la fuente, reciclaje/reuso y el control por el tratamiento y disposición final.

Figura 36. Jerarquía del manejo ambiental



Fuente: Esquema de los niveles de reducción de la contaminación (ONUDI, 1999)

- Descripción del proceso de fabricación: se realiza una breve descripción del proceso actual de teñido de nailon, que permitirá conocer los posibles impactos que se puedan generar al área de influencia de la empresa. El proceso de teñido actual se puede observar con mayor detalle en los incisos 2.1.5.2 al 2.1.5.5.
 - Descrude: proceso que se realiza a la tela proveniente del proceso de tejeduría, para eliminar los aceites y ceras empleados en la creación de la tela nailon. Para esto se emplean insumos de limpieza como detergentes aniónicos.
 - Neutralizado: procedimiento en el cual se emplea ácido acético para mantener el grado de acidez del baño de tintura, en rangos desde 4 a 4.5 en la escala de pH.

- Teñido: proceso en el cual se emplean colorantes pre metalizados, ácidos o dispersos, para brindar a la tela los colores solicitados por el cliente.
 - Fijado: procedimiento en donde se emplean el fijador de nailon, para crear un reacción químico térmica, con el fin de atraer la mayor cantidad de colorante disperso en la máquina teñidora hacia la tela, brindando mayor solidez y tonalidad a la fibra nailon.
 - Lavado: paso final del proceso de teñido, en donde se emplea únicamente agua potable para eliminar todo rastro de colorante no adherido a la fibra nailon.
- Descripción del proyecto: la optimización del proceso de teñido actual, surge de la necesidad de mejorar una de las líneas de producción que genera los mayores beneficios para la empresa. El proyecto se centra en el eje técnico ambiental, proponiendo una alternativa que permita reducir los tiempos y costos de producción, mejorar la competitividad y disminuir el impacto ambiental provocado por las operaciones del departamento de tintorería cerrada.

Para realizarse se contempla la metodología de producción más limpia, centrándose en el principio de sustitución de materiales o insumos por otros de carácter biodegradable. Identificando todos aquellos materiales empleados dentro del proceso que puede eliminarse o reemplazarse por otros de características eco amigable, modificando las operaciones que no agregan valor al producto final y por el cual el cliente no paga algún incentivo extra.

En el capítulo tres, se puede observar con mayor detalle, la propuesta del nuevo proceso de teñido, mostrando las modificaciones al proceso actual.

- Descripción del área de influencia: se conoce como área de influencia como al ambiente biótico, físico y poblacional, en donde se pueden suscitar los impactos generados por la implementación del proyecto.

A continuación, se describen las características más relevantes del escenario ambiental del área de influencia de la actividad. Es importante destacar que, la zona donde se ubica la actividad objeto de estudio, ya no cuenta con características naturales primarias, puesto que presenta modificación en su entorno ambiental, correspondiente a una zona rural urbana intervenida desde tiempo atrás como es el municipio de Villa Nueva.

- Otras empresas existentes y colindancias directas: la empresa se encuentra ubicada en el km 18.5 carretera a Mayan Golf Club, en el municipio de Villa Nueva. Las colindancias directas con el inmueble son: al oeste con la empresa Tejidos Corporativos, S.A., al norte con la empresa Frazima Internacional, S.A., al sur con el Mayan Golf Club de Guatemala y al este con el condominio Condado El Carmen.

En tal virtud y de las características de la zona de ubicación del inmueble, se considera que las instalaciones se encuentran inmersas dentro de un uso del suelo mixto, encajando de forma planificada en el entorno urbano del lugar y rural del municipio de Villa Nueva.

Las instalaciones son beneficiadas de los distintos servicios e infraestructura habilitados desde tiempo atrás en el área.

Figura 37. Área de influencia de la empresa y sus colindancias directas



Fuente: *Google Earth*. Consulta: 30 de mayo de 2016.

- Clima: El período en que las lluvias son más frecuentes corresponde a los meses de mayo a noviembre, variando en intensidad y variando la situación orográfica que ocupan las áreas de la zona. La precipitación oscila entre 1,100 a 1,349 mm como promedio total anual y la temperatura media anual varía entre 20°C y 26°C.¹¹

¹¹ INSIVUMEH (2008)

- Calidad del aire: actualmente, la calidad del aire del área de influencia directa a las instalaciones, se presenta en condiciones relativamente normales, percibiéndose emisiones leves a moderadas de humo, generadas por el volumen de vehículos que transitan por el sector y las actividades de las industrias colindantes.
- Topografía: los terrenos correspondientes a esta zona de vida son de relieve ondulado a accidentado y escarpado. Con llanos bastante planos.
- Servicios básicos: en el entorno ambiental inmediato al área de la actividad, se cuenta con servicios básicos de infraestructura y servicios como: importantes vías de acceso, tendido eléctrico, transporte público, comercio; así como inmuebles de características similares.

6.1. Identificación y evaluación de impactos

Para identificar los aspectos ambientales derivados de la implementación del proyecto de optimización, se empleará la matriz de Leopold, la cual consiste en una lista de chequeo en donde se evalúa cada uno de los componentes ambientales, los posibles impactos al ambiente y el origen de los mismos.

En el apéndice 9, se muestra la matriz de identificación de impactos de Leopold para la optimización del proceso de teñido de nailon. De esta misma se obtendrán los impactos generados al ambiente, ocasionados por la implementación del proyecto, los cuales se dividen en positivos y negativos.

6.1.1. Impactos positivos

Gracias a la matriz de Leopold se ha logrado identificar aquellos impactos que afectarán positivamente a la empresa y el medio ambiente. A continuación se especifican con más detalle los impactos positivos considerados:

- Reuso de material de empaque: son los residuos más abundantes dentro de la industria textil, estos provienen de todo el material de empaque y embalaje que acompañan a las materias primas e insumos adquiridos por la empresa. Dentro de estos se encuentran cartón, papel, plásticos, botes plásticos, toneles, material empleado por el personal (desperdicio de cafetería), entre otros. Estos pueden ser aprovechados para ser reutilizados dentro de la empresa o venderlos a empresas que se encargan de reciclar o reutilizar estos materiales acordemente, para evitar su desecho final. Con esto se logra tener una buena gestión en el manejo adecuado de los desechos y puede representar un ingreso extra a la compañía.
- Reutilización o venta de sobrantes de tela: dentro del proceso productivo textil es muy común obtener retazos de la tela que se manufactura. Estos sobrantes pueden ser reutilizados para el mantenimiento general de la planta o pueden ser vendidos a empresas o personas individuales, generando un ingreso a la organización.
- Venta de piezas de maquinaria: debido a las tareas de mantenimiento de la maquinaria, se obtienen piezas metálicas que pueden ser vendidas a empresas externas para su reciclaje. Tales piezas se comercializan como chatarra, las cuales posteriormente se aprovechan para generar un subproducto, tal como materia prima o un repuesto.

6.1.2. Impactos negativos

Dentro de los impactos negativos identificados con la matriz de Leopold, se pueden mencionar:

- **Emisión de olores:** estos son derivados de todos los químicos y materiales empleados en el proceso de teñido, los cuales no pueden ser tratados en la fuente u origen. Por esta razón, se emplean medidas de control sobre el final del proceso, tales como uso de mascarillas con filtros en los trabajadores, filtros de extracción de olores. Es considerado un impacto negativo, debido a que de no realizarse una gestión adecuada, la salud del trabajador puede verse afectada a mediano o largo plazo.
- **Generación de ruido:** proveniente de la operación continua de las máquinas de teñido y máquinas auxiliares. Este tipo de maquinaria genera ruido sobre los 85 decibeles, si se considera el tiempo de operación de 8 horas continuas, se sobrepasa el límite de horas permisibles de trabajo a los que un trabajador puede ser sometido, afectando la salud a largo plazo.
- **Partículas al ambiente:** esto es ocasionado por el desprendimiento de motas de la fibra a lo largo de su procesamiento. Por el tipo de proceso no se puede tratar en la fuente de origen, por lo tanto se llevan a cabo acciones sobre el trabajador o ambiente, para reducir los efectos sobre la salud de los empleados.
- **Agua residuales:** el agua descargada de las máquinas teñidoras, están compuestas de remanentes de colorantes que no fueron absorbidos por la fibra durante el proceso de tinción. Además, las aguas residuales provenientes de este proceso se caracterizan por una alta demanda de oxígeno, tanto químico como biológico, variaciones de pH, grasas y aceites y altas temperaturas.

6.2. Medidas correctoras

Son todas las medidas que buscan de reducir, de ser factible, todos aquellos impactos negativos generados por el proyecto de optimización. Estas se dividen en preventivas y correctivas.

6.2.1. Preventivas

Son todas aquellas medidas que son programadas y buscan reducir o eliminar el impacto directamente desde la fuente, los posibles impactos asociados al proyecto de optimización. A continuación se describen las medidas preventivas obtenidas de la matriz de Leopold.

- Reúso de material de empaque: planificar con los proveedores de materias primas, el reúso o reciclaje de los envases que contienen los insumos empleados en el proceso de teñido, promoviendo el retorno y re-llenado de estos envases con los mismos productos.
- Ruido: aplicar correctamente una jerarquía de controles que actúen sobre la fuente de generación de ruido y posteriormente hacia el trabajador. Descartando cada una de estas opciones de no ser factible, dejando como última opción, la delegación de la reducción de ruido al trabajador. La aplicación de la jerarquía inicia con la eliminación de la máquina del proceso, de no ser factible la eliminación se considera la sustitución de la fuente generadora, posteriormente la aplicación de controles de ingeniería como aislantes de ruido, empleo señales de seguridad para advertir al trabajador al respecto de los peligros del puesto y por último un EPP apropiado.

- Aguas residuales: sustituir los químicos empleados en el proceso de teñido que son generadores de olores y que impactan fuertemente al medio ambiente como *Carriers* y detergentes no ionizados, por productos de carácter biodegradable. Además, analizar y evaluar continuamente la cantidad de químicos que se necesitan para cada proceso, para reducir las descargas de estos productos en el agua, facilitando su tratamiento en planta de aguas residuales.
- Emisión de olores: Instalar filtros de retención de partículas a lo largo del proceso, acompañándolos con extractores de aire para reducir la volatilidad de las motas al medio ambiente.

6.2.2. Correctivas

Las medidas correctivas, también conocidas como tratamientos al final del tubo. Son una serie de medidas que se realizan en la finalización del proceso, para mitigar o corregir los impactos no previstos o aunque previstos, inevitables.

- Emisión de olores: colocar filtros o medios con carbón activado que absorban los gases provenientes de los químicos empleados en el proceso de teñido, para evitar que el olor se libere al ambiente. Además, de proveer el equipo de protección adecuado al personal, para reducir los riesgos a la salud.
- Generación de ruido: realizar un análisis de ruido por máquina y área de trabajo, para identificar la cantidad de decibeles a la que están expuestos los trabajadores en una jornada de trabajo. Con esto, instalar medios aislantes en dichas áreas de trabajo, para reducir la sonoridad. Brindar el equipo de protección adecuado a los empleados, para reducir efectos sobre su salud.

- **Aguas residuales:** la empresa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que las aguas ordinarias y aguas especiales deben de ser tratadas previamente de ser enviadas a los drenajes de empresas externas. Se debe de evaluar continuamente el sistema de gestión de la planta de tratamiento y analizar el funcionamiento de la misma, además de un monitoreo constante de los tres tipos de tratamiento al agua proveniente del proceso.

6.3. Plan de seguimiento y evaluación

Contempla la creación de indicadores de gestión y desempeño ambiental, para evaluar periódicamente el rendimiento del proyecto de optimización. Esto se realiza mediante la implementación de buenas prácticas ambientales, como producción más limpia, de manera que es necesario establecer indicadores que permitan verificar los resultados de forma medible, cuantificable y verificable.

6.3.1. Indicadores ambientales de P+L

Un indicador es una herramienta técnica y científica, que permite evaluar el desempeño de un proceso en específico. Para realizar un indicador se emplea un marco conceptual y herramientas analíticas, para transformar un dato en información útil, para la elaboración de estrategias y planificaciones. Para el proyecto de optimización, se desarrollarán los indicadores de consumo energético, efluentes y residuos sólidos.

6.3.1.1. Consumo energético

El consumo energético para un proceso de tinción de nailon, debería de reducirse a 207.70 kWh, debido a la reducción del proceso en un total de 1 hora con 25 minutos aproximadamente. Indiscutiblemente si el tiempo de tinción es aumentado, también lo hará el consumo energético. Asimismo es importante considerar el aumento que podría tener el costo de kWh, el cual según datos obtenidos incrementa un total de 2.92 % anual.

Para controlar esta situación, la empresa debe de monitorear el desempeño de la maquinaria y equipo auxiliar, para garantizar que el consumo de energía eléctrica se mantenga y se continúe con el ahorro obtenido actualmente. En la figura 35, se puede observar la fórmula para crear un indicador de consumo energético. En el apéndice 10, se puede observar un formato para llevar los registros del consumo energético.

Figura 38. **Indicador de consumo energético**

Indicador de consumo energético	
$\Delta\% \frac{\text{Kwh consumidos}}{\text{Unidad de producción}} = \left \frac{(\text{Kwh / producción mes actual}) - (\text{Kwh / producción mes anterior})}{(\text{Kwh / producción mes anterior})} \right * 100$	

Fuente: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. *Guía general de Producción más limpia*. Bolivia: CPTS, 2005.p.51.

6.3.1.2. Aguas residuales

Para el control de las aguas residuales, lo que se trata de obtener es que la misma cantidad de agua que ingrese al proceso, sea tratada y dispuesta acordemente. Para esto, la empresa debe de llevar un control y registro riguroso del agua que se emplea en proceso y la cantidad que es enviada a la planta de tratamiento.

Para el ingreso de agua se debe de tener identificado el punto de ingreso al proceso y su caudal de entrada respectivo. Se debe contar con la cantidad de agua que se pierde durante la operación y cantidad de agua que es retirada hacia la planta de tratamiento y fosa séptica. Para llevar este registro se propone un formato el cual se observa en el apéndice 11.

6.3.1.3. Residuos sólidos

Para llevar el control de los residuos sólidos la empresa debe de gestionar sus procedimientos de producción, para reducir el desperdicio de materiales a una cantidad considerable. Además, de contar con registros para llevar el control de los residuos sólidos y subproductos, previamente haber identificado su fuente, la cantidad por mes, si este es de carácter peligroso y su costo de disposición. En el apéndice 12, se puede observar el formato para el registro de residuos sólidos.

CONCLUSIONES

1. Mediante un análisis situacional del proceso actual de teñido de nailon, se determinó que este consta de cinco pasos principales, siendo estos: descruce, fijado, teñido, neutralizado y lavado. Empleando un tiempo de producción promedio de siete horas con treinta y tres minutos, con un costo total por proceso de seis mil ochocientos trece quetzales.
2. Se determinó por medio del diagrama de Pareto que las actuales deficiencias en el proceso de tinción de nailon son tela con tonalidad no deseada, tela manchada y fibra con defectos superficiales. Los cuales representan más del ochenta por ciento del total de fallas encontradas en los lotes de nailon y estas se derivan de una falta de control sobre el tiempo de operación, temperatura del agua y métodos de trabajo.
3. Se desarrollaron modificaciones a los procesos de descruce, fijado y teñido, detallando los nuevos métodos de trabajo, las actividades del personal y los puntos críticos de control del proceso completo de teñido. Obteniendo con esto una reducción de tiempo de proceso de una hora con veinticinco minutos.
4. Implementándose la propuesta de optimización del proceso de teñido de nailon, la empresa obtendría una reducción de costos de mil trescientos ochenta y siete quetzales aproximadamente, por lote de producción. Por lo que al ampliarse esta metodología hacia todas las áreas de la fábrica se podrían generar beneficios económicos considerables.

5. Se desarrollaron los procedimientos operativos estandarizados para las actividades de agregación de materiales al proceso, sirviendo como un documento con instrucciones detalladas para realizar dichas tareas. Estos pueden ser integrados de forma eficaz al sistema de gestión de calidad de la empresa, a manera de asegurar el funcionamiento del nuevo proceso de teñido y mejorar su desempeño a largo plazo.
6. Se realizaron procedimientos y registros en donde se establecen las actividades y el tiempo requerido para realizar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas teñidoras Jet y autoclave.
7. Con base a las necesidades del mercado local y extranjero, se especifican los procedimientos para ejecutar los ensayos físicos sobre muestras de nailon producido, para cumplir con las especificaciones y parámetros establecidos por las normas internacionales de calidad textil.
8. En relación a la evaluación de impacto ambiental realizada para la implementación del nuevo proceso de teñido de nailon, se determinó como impactos positivos el re uso de material de empaque proveniente de la compra de materias primas, venta o reutilización de sobrantes de tela y reducción de consumo energético. Se desarrollaron indicadores ambientales para el monitoreo de consumo energético, aguas residuales y desechos sólidos, para evaluar el desempeño ambiental del nuevo proceso de teñido de nailon, en su fase operativa.

RECOMENDACIONES

1. Para realizar un correcto análisis e interpretación de procesos, se sugiere emplear la observación directa, consultar directamente al personal que se encuentra en contacto directo con la maquinaria, además, de los líderes de proceso. Posteriormente emplear herramientas de análisis y registro, como los diagramas de flujo, detallando cada uno de los procedimientos que se realizan.
2. Como parte de la mejora continua, es indispensable que la empresa realice análisis constantes de su proceso productivo, para identificar todas aquellas actividades que no generan valor a las operaciones actuales, obteniendo con esto la eficiencia real del sistema; para ello debe elaborar planes de acción para eliminar las deficiencias encontradas.
3. Realizar estudios de factibilidad, especialmente técnicos y económicos, para determinar la posibilidad de implementar la metodología de producción más limpia a los procesos de teñido de poliéster y algodón, considerando los parámetros y restricciones intrínsecos de cada proceso.
4. Los resultados de la cantidad de ahorro que se obtendría con la optimización del proceso de teñido, deberían ser corroborados y comparados con valores más reales. Tomando en consideración recursos como el vapor proveniente de calderas, el cual no pudo ser cuantificable por su forma de distribución hacia el proceso.

5. Los POE desarrollados para la agregación de materiales al proceso, deben de ser analizados y actualizados con regularidad para asegurar que son eficaces y acordes, al momento en el cual se utilicen. La evaluación y aprobación de estos documentos, debe de provenir del jefe del área o encargado del proceso que se está estudiando.
6. Se debe de ampliar el actual plan de mantenimiento preventivo y correctivo, puesto que se encuentra centralizado en las máquinas teñidoras y equipos auxiliares. Equipos que intervienen en la producción como carretones, tarimas y mobiliario general, no están involucrados en actividades de reacondicionamiento o sustitución, lo cual puede ocasionar daños a la tela cuanto esta es transportada o almacenada.
7. La empresa debe de evaluar las actuales condiciones de los laboratorios de control de calidad y realizar un esfuerzo para adquirir equipo de pruebas más reciente, ya que actualmente cuentan con aparatos con cierto grado de deterioro, lo cual puede interferir en la realización de las pruebas físicas y químicas que se realizan a la fibra nailon.
8. Si bien la introducción a la práctica de una metodología como producción más limpia que promete grandes avances en la mejora de procesos y reducción de impacto ambiental, esta no se debe de considerar como primera opción. La empresa debe de adoptar buenas prácticas operativas que permitan optimizar la gestión ambiental de forma preventiva y no correctiva. Grandes cambios se pueden realizar con la capacitación de personal en el uso, ahorro y manejo de los recursos, ya que a medida que se concientice al personal operativo la implementación de una práctica será más eficaz y con menor inversión.

BIBLIOGRAFÍA

1. NIEBEL, Benjamin., FREIVALDS, Andris. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México: Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C. V.; 2001.
2. CRIOLLO GARCÍA, Roberto. *Estudio del Trabajo*. México: editorial McGrawHill 1995.
3. Guía técnica general de Producción más limpia. Bolivia: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005.
4. Estudio de impacto ambiental ex post de las actividades de textiles industriales Ambateños, S.A. Venezuela: Moyagest, S.A, 2014.
5. HARO VACA, Holguer Pablo. *Normalización de parámetros en las variables que inciden en la calidad de la tela jersey, mezcla algodón 30/1 /elastano 40 denier, colores oscuros, en el proceso de prefijado y termofijado, en la empresa Asotextil*. Trabajo de graduación de Ing. Textil. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, Ecuador. 2011.
6. LOCKUAN LAVADO, Fidel Eduardo. *La industria textil y su control de calidad*. Tintorería. 2012.

7. PESOK, Juan. *Introducción a la tecnología textil*. Uruguay: Universidad de Montevideo, Facultad de Ingeniería, 2005. 164 p. ISBN: 9974-39-643-3
8. Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Sector Textil en Guatemala. Centro Guatemalteco de Producción más limpia. Guatemala, 2008.
9. Guía de producción más limpia para la Industria Textil. Centro Nacional de producción más limpia en Honduras. Honduras: Tegucigalpa, 2009.
10. GRAJEDA, Mariano. Nailon, propiedades y sus aplicaciones. [En línea]. Buenos Aires, Argentina. 2011. [ref. 11 enero de 2015]. Disponible web:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/Nailon.html>
11. ÁLVAREZ, Christian. Materiales para uso técnico. [En línea]. Distrito Federal, México. 2009. [ref. 19 enero de 2015]. Disponible web:
<http://villalbaestano.wordpress.com/fibras-textiles-el-Nailon/>
12. GONZÁLEZ, Kary. Fibras sintéticas: poliamida o Nailon. [En línea]. 2013. [ref. 22 febrero de 2015]. Disponible web:
http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/poliamida-o-Nailon_8.html
13. LLANO, Elena. Tintura de fibras textiles. Antioquia, Medellín, Colombia. En línea]. 2009. [ref. 24 febrero de 2015]. Disponible web:
<http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>

14. SOLÉ CABANES, Fibra textil Nailon. [En línea]. Buenos Aires, Argentina. 2012. [ref. 24 febrero de 2015]. Disponible web: <http://www.redtextilargentina.com.ar/>
15. SORTO, David. Pruebas de calidad en telas. [En línea]. Ciudad de México, México. 2015. [ref. 5 marzo de 2015]. Disponible web: <http://telcotextil.mx/informacion/pruebas-de-calidad-en-telas/>
16. SALAZAR, Bryan. Herramientas para el ingeniero industrial. [En línea]. Medellín, Colombia. 2011. [ref. 10 marzo de 2015]. Disponible web: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/>
17. DARÍO, Marco. Mantenimiento a máquinas textiles. [En línea]. Fuenlabrada, Madrid. 2014. [ref.26 abril de 2015]. Disponible web: <http://www.ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/5-la-ingenieria-del-mantenimiento>
18. ALVARADO GARCÍA, Juan Carlos. *Metodología de análisis y evaluación de las propiedades del color en fibras teñidas 100% algodón como herramienta en la producción, para la industria textil guatemalteca*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2007. 180 p.
19. SOLOGAISTOA VELÁSQUEZ, Juan Pablo. *Diseño y propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, de una máquina para teñir tela y un programa de seguridad e higiene industrial en Monte Textil, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2007. 205 p.

20. YOC COLINDRES, Gerson Leonardo. *Optimización de los procesos de producción del departamento de máquinas circulares para una empresa textil*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2013.

APÉNDICES

Apéndice 1. Costo de materiales actuales

Proceso	Químico	Rendimiento	Costo	Cantidad	Costo total
Descrude	Detergente	1	Q1,00	6	Q6,00
	Álcali	1	Q3,25	6	Q19,53
	Ácido acético	1	Q7,16	6	Q42,98
	Total descrude				Q68,51
Teñido	Ácido acético	0,5	Q7,16	3	Q21,49
	Antiespumante	0,2	Q25,29	1,2	Q30,35
	Donador de ácido	2,5	Q48,72	15	Q730,73
	Total teñido				Q782,57
Fijado	Fijador de nailon	0,04	Q37,81	16	Q604,96
	Ácido acético	1	Q7,16	6	Q42,98
	Total fijado				Q647,94
Neutralizado	Ácido acético	1	Q1,00	6	Q6,00
	Total neutralizado				Q6,00
Total					Q2 158,97

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Yardas defectuosas por semestre**

Estratificación de datos para proceso de teñido de nailon : yardas defectuosas por semestre.

No	Defecto	Semestre 1 2014	Semestre 2 2014	Semestre 1 2015	Total por defecto
1	Manchas	20650	6801	9631	37082
2	Craqueado	3573	3292	4369	11234
3	Color	1822	5402	18760	25984
4	Quiebres	1602	4625	268	6495
5	Solidez	1242	1050	260	2552
6	<i>Wicking</i>	1143	0	0	1143
7	pH	820	0	0	820
8	Metamerismo	318	0	0	318
9	Orilla mal teñida	0	2364	0	2364
10	Trabones	0	549	0	549
11	Arrugado	0	261	0	261
12	Orilla entorchada	0	181	0	181
13	Lavado	0	0	1263	1263
Total por semestre		31170	24525	34551	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tabla de datos para el diagrama de Pareto**

Tabla de datos para diagrama de Pareto			
Defecto	Yardas defectuosas	%	Acumulado
Manchas	37082	41,09 %	41,09 %
Color	25984	28,79 %	69,88 %
Craqueado	11234	12,45 %	82,33 %
Quiebres	6495	7,20 %	89,53 %
Solidez	2552	2,83 %	92,36 %
Orilla mal teñida	2364	2,62 %	94,97 %
Lavado	1263	1,40 %	96,37 %
<i>Wicking</i>	1143	1,27 %	97,64 %
pH	820	0,91 %	98,55 %
Trabones	549	0,61 %	99,16 %
Metamerismo	318	0,35 %	99,51 %
Arrugado	261	0,29 %	99,80 %
Orilla entorchada	181	0,20 %	100,00 %
Total	90246		


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Beneficio acumulado para el proyecto propuesto**

Mes	Ahorro	Ingresos	Costo	Inversion	B. Acumulado
0	Q -	Q -	Q 9 768 346,04	Q(28 681,14)	Q (9797 027,18)
1	Q2 495 696,82	Q 9 884 635,88	Q 9 963 712,96	Q -	Q (7 380 407,45)
2	Q2 545 610,75	Q10 181 174,95	Q10 162 987,22	Q -	Q (4 816 608,97)
3	Q2 596 522,97	Q10 486 610,20	Q10 366 246,97	Q -	Q (2 099 722,77)
4	Q2 648 453,43	Q10 801 208,51	Q10 573 571,91	Q -	Q 776 367,25
5	Q2 701 422,49	Q11 125 244,76	Q10 785 043,35	Q -	Q 3 817 991,17
6	Q2 755 450,94	Q11 459 002,11	Q10 245 791,18	Q -	Q 7 786 653,04
7	Q2 727 896,44	Q11 802 772,17	Q 9 938 417,44	Q -	Q 12 378 904,20
8	Q2 700 617,47	Q12 156 855,33	Q 9 640 264,92	Q -	Q 17 596 112,09
9	Q2 673 611,30	Q12 521 560,99	Q 9 351 056,97	Q -	Q 23 440 227,41
10	Q2 646 875,18	Q12 897 207,82	Q 9 070 525,26	Q -	Q 29 913 785,15
11	Q2 620 406,43	Q13 284 124,06	Q 8 798 409,50	Q -	Q 37 019 906,14
12	Q2 594 202,37	Q13 682 647,78	Q 8 534 457,22	Q -	Q 44 762 299,06


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Procedimiento operativo estandarizado para ácido acético

	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO		NUEVO: Si	Fecha 19/11/2015
			ANULA: No	Fecha
	ADICIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO PARA PROCESO DE TEÑIDO DE NAILON 6 Y 6.6		MODIFICA: No	Fecha
			Fecha de emisión: 19/11/2015	
Textiles del Sur Internacional, S.A.	Código No. _____		Página : 1 / 1	
Departamento de tintorería cerrada				
Objetivo:	Brindar los lineamientos necesarios al operador de máquina, para llevar a cabo una correcta agregación de ácido acético.			
Alcance:	Jefes del área, supervisores de turno, operadores de máquina.			
Equipo a emplear:	Maquinaria Jet o autoclave, taza medidora de materiales, ácido acético.			
Frecuencia de aplicación:	En el proceso de teñido y fijado, las veces que sean necesarias para alcanzar los parámetros establecidos. Teniendo una duración de 3 minutos y empleando un rendimiento de 1 gramo de detergente por cada litro de agua en baño.			
Equipo de seguridad:	Lentes de seguridad, mascarilla, guantes para altas temperaturas, botas industriales.			
Paso No.	Procedimiento	Desarrollo de actividades		
1	Verificación de temperatura	Observar en la maquina teñidora que el baño de tintura se encuentre a 30°C.		
2	Realizar cálculo de rendimiento	Verificar la relación de baño que se esta empleando, conjuntamente con la capacidad en litros de la maquina. Agregar 1 gramo de acido acético por cada litro de agua. Usar taza medidora		
3	Adición de ácido acético	Luego de tener las cantidades correctas de detergente, agregarlo al recipiente de alimentación. Realizarlo en un solo procedimiento, sin pausas.		


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Procedimiento operativo estandarizado para fijador de nailon**

	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO		NUEVO:	Si	Fecha 19/11/2015
	ADICIÓN DE FIJADOR DE NAILON PARA PROCESO DE TEÑIDO DE NAILON 6 Y 6.6		ANULA:	No	Fecha
MODIFICA:			No	Fecha	
Textiles del Sur Internacional, S.A	Código No. _____		Fecha de emisión:		
Departamento de tintorería cerrada			19/11/2015		
			Página : 1 / 1		
Objetivo:	Brindar los lineamientos necesarios al operador de máquina, para llevar a cabo una correcta agregación de fijador de nailon.				
Alcance:	Jefes del área, supervisores de turno, operadores de máquina.				
Equipo a emplear:	Maquinaria Jet o autoclave, taza medidora de materiales, fijador de nailon.				
Frecuencia de aplicación:	En el proceso de fijado, las veces que sean necesarias para alcanzar los parámetros establecidos. Teniendo una duración de 20 minutos y empleando un rendimiento de 4 % de fijador de nailon por el total de kg de tela a teñir. Formula: 4 %* total de kg de tela a teñir.				
Equipo de seguridad:	Lentes de seguridad, mascarilla, guantes para altas temperaturas, botas industriales.				
Paso No.	Procedimiento	Desarrollo de actividades			
1	Verificación de temperatura	Observar en la máquina teñidora que el baño de tintura se encuentre a 30°C.			
2	Realizar cálculo de rendimiento	Multiplicar el total de kg de tela por (4/100) para obtener el total de gramos a utilizar de fijador.			
3	Adición de ácido acético	Luego de tener las cantidades correctas de fijador, agregarlo al recipiente de alimentación. Realizarlo en un solo procedimiento, sin pausas.			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Procedimiento operativo estandarizado para colorantes ácidos y pre metalizados**

	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDARIZADO		NUEVO:	Si	Fecha 19/11/2015
			ANULA:	No	Fecha
	DOSIFICACIÓN DE COLORANTES ÁCIDOS Y PRE METALIZADOS PARA NAILON 6 Y 66		MODIFICA:	No	Fecha
			Fecha de emisión: 19/11/2015		
Textiles del Sur Internacional, S.A.	Código No. _____		Página : 1 / 1		
Departamento de tintorería cerrada					
Objetivo:	Brindar los lineamientos necesarios al operador de máquina, para llevar a cabo una correcta dosificación de colorantes ácidos y pre metalizados				
Alcance:	Jefes del área, supervisores de turno, operadores de máquina.				
Equipo a emplear:	Maquinaria Jet o autoclave, taza medidora de materiales, colorantes.				
Frecuencia de aplicación:	En el proceso de teñido, posteriormente de haber realizado la agregación de químicos auxiliares y haberse realizado la medición de pH correspondiente. Emplear las medidas de colorante especificadas por el supervisor.				
Equipo de seguridad:	Lentes de seguridad, mascarilla, guantes para altas temperaturas, botas industriales.				
Paso No.	Procedimiento	Desarrollo de actividades			
1	Adición de colorantes	Agregar los colorantes en un recipiente de 100 litros, posteriormente añadir ácido acético. (Consultar con el supervisor el rendimiento a emplear para cada químico).			
2	Mezcla	Mezclar los colorantes con el ácido acético hasta formar una pasta que unifique ambos químicos.			
3	Agregar agua	Agregar agua a temperatura de 95 °C. (Consultar con el supervisor la cantidad de agua en litros a emplear, según la formulación).			
4	Agitar solución	Emplear el equipo proporcionado para agitar a bajas revoluciones la solución, hasta que no existan grumos.			
5	Agregar a olla alimentadora de colorantes	Emplear el equipo proporcionado para dosificar la solución obtenida a la máquina de teñido. Se debe de contar con el equipo de protección brindado y asegurarse de no desperdiciar solución.			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Formato de toma de datos para el proceso de producción de nailon**

TEXTILES DEL SUR INTERNACIONAL, S. A.				
DEPARTAMENTO DE TINTORERÍA CERRADA				
TOMA DE DATOS DURANTE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE NAILON				
Fecha:		Cliente:		
No. de pedido:		Orden de Trabajo:		
Tela en producción		Total kg de tela		
		Total yd de tela		
DATOS POR PROCESO				
LAVADO PREVIO	Hora inicio:		Hora final:	
	Duración de proceso:		Máquina :	
	Yardas al inicio		Yardas al final	
	Rendimiento de detergente:			
	Operario y/o encargado:			
TEÑIDO	Hora inicio:		Hora final:	
	Duración de proceso:		Máquina :	
	Yardas al inicio		Yardas al final	
	Rendimiento de ácido acético:			
	Rendimiento de colorantes:			
FIJADO	Hora inicio:		Hora final:	
	Duración de proceso:		Máquina :	
	Yardas al inicio		Yardas al final	
	Rendimiento de fijador de nailon:			
	Operario y/o encargado:			
NEUTRALIZADO	Hora inicio:		Hora final:	
	Duración de proceso:		Máquina :	
	Yardas al inicio		Yardas al final	
	Rendimiento de ácido acético:			
	Operario y/o encargado:			
Nombre del Supervisor		Fecha		Firma


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Matriz de identificación de impactos

Componente ambiental	Posibles impactos	Fuente/origen	Valoración de significancia de la generación	Medida de mitigación implementada	Medida de mitigación, seguimiento y vigilancia ambiental	Tiempo de ejecución	Encargado de ejecución	Base legal
Aire	Emissiones de partículas	Mota que se dispersa de la fibra durante su tinción	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de extracción con filtro • Retención de fibras desde la fuente • Proporcionar equipo de protección al personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo por percepción directa • Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Diario	Jefe de Producción, Supervisores y personal de planta involucrado	Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente, Decreto 68-86
	Emissiones sonoras	Derivado de la operación de la maquinaria	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantenimiento de equipo para la reducción de sonoridad desde la fuente • Instalación de barreras aislantes • Proporcionar equipo de protección al personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo por percepción auditiva • Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Diario	Jefe de Producción, Supervisores y personal de planta involucrado	Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente, Decreto 68-86
	Emissiones de olores	Derivado de las actividades de manufactura	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de extracción con filtro • Ventilación artificial • Proporcionar equipo de protección al personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo por percepción directa • Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Diario	Jefe de Producción, Supervisores y personal de planta involucrado	Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente, Decreto 68-86
Suelo	Generación de desechos sólidos domésticos	Generados por el personal	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de residuos desde la fuente, almacenamiento temporal acorde, extracción por empresa externa • Realizar actividades que fomenten el reciclaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Diario	Jefe de Producción, Supervisores y personal de planta involucrado	Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente, Decreto 68-86
	Residuos de embalaje y desempaques de materias primas	Ocasionado por el desempaque de materias primas	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de residuos desde la fuente, almacenamiento temporal acorde, extracción por empresa externa • Devolución de recipientes a proveedores para su reuso 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Habilitación de áreas para reciclaje 2. Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Diario	Jefe de Producción, Supervisores y personal de planta involucrado	Decreto No. 90-97 Código de Salud Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios
	Residuos de mantenimiento de equipo	Ocasionado por el mantenimiento brindado al equipo	No significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción por empresa que realiza el mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Diario	Jefe de Producción, Supervisores y personal de planta involucrado	Acuerdo Gubernativo 509-2001
Agua	Agua residual ordinaria	Uso de sanitarios y lavamanos por el personal	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento mediante fosas sépticas • Se cuenta con planes de gestión y planta de tratamiento de aguas residuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de aguas residuales 	Conforme a los planes de tratamiento y gestión	Ingeniero de Mantenimiento, supervisores y personal de mantenimiento involucrado	Ley de Protección y Mejoramiento al Medio Ambiente, Decreto 68-86
	Agua residual especial	Proveniente de la manufactura de la tela	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de tratamiento para área de producción general • Extracción, tratamiento y disposición de efluentes por empresa externa • Planes de gestión y tratamiento de aguas residuales 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conducción de aguas residuales hacia la red de drenaje respectiva 2. Monitoreo de aguas residuales 	Conforme a los planes de tratamiento y gestión	Ingeniero de Mantenimiento, supervisores y personal de mantenimiento involucrado	Decreto No. 90-97 Código de Salud
	Lodos provenientes del tratamiento de agua residual	Por proceso de tratamiento de aguas residuales	Poco significativa	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción por empresa externa 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisión de cumplimiento de las medidas planificadas, empleando controles y registros 	Conforme a los planes de tratamiento y gestión	Ingeniero de Mantenimiento, supervisores y personal de mantenimiento involucrado	Acuerdo Gubernativo 236-2006. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Registro para el control de consumo energético**

	Ficha de control de consumo energético		Código: FI:01: consumo energético		Versión: 01-2016	
	Registro de consumo energético por máquina					
No	Nombre del equipo	Ubicación	Energía requerida para su operación kWh	Operación hr/día	Consumo diario de energía (kWh)	
Energía consumida vs energía requerida						
No	Nombre del equipo	Ubicación	Energía requerida para su operación kWh/Mes	Energía consumida kW/Mes		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Registro para el control de residuos líquidos


	Ficha de control para Residuos Líquidos				Código: FI:03: líquidos	Versión: 01-2016
Control de entradas y salidas de agua						
Fecha	No	Punto de entrada de agua	Cantidad	Punto de salida de agua	Cantidad	Observaciones

Control del monitoreo del agua				
Responsable	Fecha inspección	Punto de inspección (entrada o salida)	Problema encontrado	

Registro de aguas residuales					
Fuente Contaminante	Cantidad m3	Peligro	Tipo de tratamiento	Costo tratamiento	Resultados esperados

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Registro para el control de residuos solidos**

		Ficha de control para residuos sólidos				Código: FI:02: sólidos			Versión: 01-2016			
Residuo sólido	Fuente	Cantidad ton/mes	Subproducto ton/mes	Residuos sin vender ton/mes	Peligroso (si/no)	Costo actual	Costos disposición					

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Comportamiento del precio del kWh en los últimos diez años para EEGSA

Año	Costo Kw.h	Variacion con respecto al año anterior (%)
2005	1,22	0 %
2006	1,41	15.57 %
2007	1,35	-4.26 %
2008	1,39	2.96 %
2009	1,43	2.88 %
2010	1,44	0.70 %
2011	1,48	2.78 %
2012	2,09	41.22 %
2013	1,19	-43.06 %
2014	1,64	37.82 %
2015	1,19	-27.44 %
Promedio		2.92 %

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. **Estructura de la tarifa de agua potable para la ciudad de Guatemala**

Rango de Consumo en Mt.3	Costo m 3
1 a 20	Q. 1.12 (Más IVA)
21 a 40	Q. 1.76 (Más IVA)
41 a 60	Q. 2.24 (Más IVA)
61 a 120	Q. 4.48 (Más IVA)
120 a más	Q. 5.60 (Más IVA)

Fuente: Empresa Municipal del Agua (EMPAGUA)

Anexo 3. Carga de tela en máquina teñidora autoclave



Fuente: Fotografía tomada en Textiles del Sur Internacional, S.A.

Anexo 4. Procedimiento de empaque de fibra nailon



Fuente: Fotografía tomada en Textiles del Sur Internacional, S.A.

Anexo 5. Marco legal actual aplicable a la industria textil en Guatemala

MARCO LEGAL VIGENTE		
LEYES		
Nombre	Tipo y Número del Instrumento Legal	Responsable
Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente	Decreto 68-86 del Congreso de la República	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Ley de Algodón	Decreto 12-86 del Congreso de la República	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Ley de Fomento y Desarrollo a la actividad exportadora y de maquila	Decreto 29-89 del Congreso de la República	Ministerio de Economía
Ley que prohíbe la importación y regula el uso de los clorofluorocarbonos en sus diferentes presentaciones	Decreto 110-97 del Congreso de la República	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Ley de Protección del Consumidor y Usuario	Decreto 06-2003 del Congreso de la República	Ministerio de Economía
Aprobación del Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos de América	Decreto 31-2005 del Congreso de la República	Ministerio de Economía y en todo lo relacionado con ambiente el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Ley del Sistema Nacional de Calidad	Decreto 78-2005 del Congreso de la República	Ministerio de Economía
Enmienda al Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos de América relacionada con modificaciones respecto a mercancías textiles y prendas de vestir	Decreto 79-2005 del Congreso de la República	Ministerio de Economía
Reformas Legales para la Implementación del Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos de América	Decreto 11-2006 del Congreso de la República	Ministerio de Economía
CÓDIGOS		
Nombre	Tipo y Número del Instrumento Legal	Responsable
Código de Salud	Decreto 90-97 del Congreso de la República	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Código de Trabajo	Decreto 1441 del Congreso de la República	Ministerio de Trabajo
ACUERDOS GUBERNATIVOS Y MINISTERIALES		
Nombre	Tipo y Número del Instrumento Legal	Responsable
Acuerdo que prohíbe la utilización de gases clorofluorocarbonos	Acuerdo Gubernativo 252-89	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en coordinación con Ministerio de Finanzas Públicas, Ministerio de Energía y Minas y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Reglamento para la Administración de Cuotas Textiles y prendas de vestir	Acuerdo Gubernativo 788-93	Ministerio de Economía
Norma COGUANOR Código de Prácticas y Especificaciones para el Agua para Uso Industrial en Calderas de Vapor y en Sistemas de Enfriamiento	Acuerdo Gubernativo 107-95	Ministerio de Economía

Fuente: Guía de buenas prácticas ambientales para el sector textil. Centro guatemalteco de producción más limpia. Guatemala, 2008.p.12.

