

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**“MANUAL DE APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA EN LOS PROCESOS DE ACABADO DEL SECTOR  
TEXTIL EN EL SALVADOR”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR AL GRADO DE:  
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:  
AGUILAR MÉNDEZ, MARCOS EMILIO  
ESTRADA URQUILLA, MARÍA EUGENIA  
FABIÁN AGUILAR, JOSÉ ALBERTO**

**ASESOR:  
ING. YOLANDA SALAZAR**

**SOYAPANGO**

**SEPTIEMBRE 2003**

**EL SALVADOR**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**AUTORIDADES**

**RECTOR:**

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

**VICERRECTOR:**

PBRO. VICTOR BERMÚDEZ

**SECRETARIO GENERAL:**

HNO. MARIO OLMOS

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA:**

ING. CARLOS BRAN

**UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“MANUAL DE APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA  
EN LOS PROCESOS DE ACABADOR DEL SECTOR TEXTIL EN EL SALVADOR”**

---

ING. RAFAEL LAZO  
JURADO

---

ING. RAFAEL LINO  
JURADO

---

ING. MICHAEL SUHR  
JURADO

---

ING. YOLANDA SALAZAR  
ASESORA

## DEDICATORIA

Ningún ser humano es autosuficiente, y todos y cada uno de nosotros le debemos lo que somos, a aquellos con los cuales nos relacionamos a lo largo de nuestras vidas.

Por esa razón, les agradezco mucho a todos los que han hecho posible que haya llegado hasta donde estoy, ustedes saben lo importantes que son para mí, saben que sin su apoyo no habría llegado a este importante momento de mi vida.

Lo material es importante, ya que es imposible el llegar a este punto sin invertir una buena cantidad de recursos, pero por si solo el dinero no vale lo suficiente como para crear un desarrollo personal. Debido a esto es que el apoyo, amistad, amparo, ayuda, simpatía y afecto demostrados hacia mi persona nunca serán olvidados.

Para finalizar, debo de hacer un último comentario, invitando al lector a ser más tolerante con sus semejantes, a ver las cosas desde el punto de vista del otro, y en lugar de buscar culpables, buscar las soluciones a los problemas que surgen en el día a día.

Es un hecho muy fácil de dilucidar que si estamos acá, en este mundo no es para estar preocupados, enfurecidos, riñendo, etc. No vale la pena vivir así, se debe ser feliz; es sumamente difícil el lograrlo, en lo particular aún sufro de las emociones descritas anteriormente, pero se debe de hacer un esfuerzo por recordar a cada momento que no tiene sentido vivir sin tranquilidad; por lo que si debe decir algo, dígallo!; si debe hacer algo, hágalo!; haga todo lo que este a su alcance para ser radiante, con la única excepción de evitar el lastimar a los demás, sea tolerante y recuerden siempre esta frase: “Un momento se va y no vuelve jamás”[E. Bunbury].

Marcos Emilio Aguilar Méndez

## DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso y a la Virgen María por permitirme alcanzar este éxito en mi vida y lograr coronar mi carrera, por su iluminación, protección y fortaleza, por todo lo que he recibido. Por estar siempre a mi lado, por ser los pilares fundamentales de mi vida y cimentar mi educación.

A mi madre, hermanas y demás familia por apoyarme en todo momento, por sus consejos, por su gran esfuerzo por levantarnos, por entenderme en mis buenos y malos momentos, por brindarme su ayuda incondicional, por su amor y cariño, por motivarme a seguir adelante sin desmayar, por inculcarme buenos valores, por confiar en mí, por confiar en mis decisiones.

A todas mis amigas y amigos por entenderme y aguantarme durante tanto tiempo, por la ayuda de ellos en los momentos buenos y difíciles.

A mis jefes por brindarme su apoyo mientras realizaba mi trabajo de graduación, por entenderme y confiar en mí. Gracias a sus consejos y guía termine de pulir mi carácter y aprendí a trabajar sin mirar a los demás.

A todas las personas que nos ayudaron, apoyaron y dieron su consejo a lo largo de este trabajo, ya sea directa e indirectamente. A todas las personas de las empresas en que realizamos el estudio, que nos instruyeron en las actividades que cada uno realizaba según era su especialidad, nos brindaron información sin ningún recelo.

MARIA EUGENIA ESTRADA

## DEDICATORIA

A Jesús y María Auxiliadora, que siempre estuvieron conmigo en el camino, a pesar de mis constantes dudas trascendentales y con los que finalmente he alcanzado un nivel de paz y armonía.

A mis padres, Martha y Alberto, por el sacrificio que han tenido que hacer para que pudiera seguir adelante, dándome además la inspiración para mejorar cada día y ayudar a los demás.

A Janeth, Gris, Noé y Rebeca, que son la esencia de cada día y con quienes he aprendido a convivir, confiar y a reconciliar.

A Mario, mi mejor amigo, por el apoyo incondicional que siempre me ha dado en los momentos difíciles de mi vida.

A Marcos y Eugenia, por aguantar todas mis tardanzas y por el gran esfuerzo que hicieron por terminar este trabajo.

A mis compañeros (Alicia, Efrén, Mónica, Karla, Claudia) con los que tras noches de desvelo, estudio y juergas, hicieron de mi paso por la universidad algo especial.

A mis cómpas de la selección de volibol, que lograron que tuviera el balance necesario para estar en la universidad.

Al personal de las empresas en las que desarrollamos el trabajo de graduación, que tan pacientemente nos atendieron para que pudiéramos realizar el proyecto.

ALBERTO FABIÁN

# INDICE

Introducción . . . . .	xv
Objetivos. . . . .	xvi
Alcances . . . . .	xvii
Limitaciones. . . . .	xviii

## CAPITULO I ENTORNO DEL PROYECTO

1.1 Industria textil en El Salvador. . . . .	1
1.1.1 Orígenes. . . . .	1
1.1.2 Procesos de Hilado y Tejido. . . . .	1
1.1.2.1 Hilatura. . . . .	1
1.1.2.2 Tejeduría. . . . .	2
1.1.3 Procesos de acabado en la Industria Textil. . . . .	3
1.1.4 Contaminación generada por los procesos de acabado en la Industria Textil . . . . .	8
1.1.4.1 Tablas de características de desechos en el sector textil. . . . .	10
1.2 Teoría de Producción Más Limpia. . . . .	11

## CAPITULO II. DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN EL SECTOR TEXTIL

2.1 Objetivo del estudio de los procesos de acabado en el sector textil. . . . .	13
2.2 Metodología utilizada para la realización del diagnóstico del sector textil nacional. . . . .	13
2.2.1 Determinación del universo de empresas a estudiar. . . . .	13
2.2.2 Elaboración del formato de encuesta. . . . .	16
2.2.3 Determinación del tamaño de la muestra. . . . .	16
2.2.4 Procedimiento utilizado para el desarrollo de encuestas. . . . .	18
2.3 Resultados del estudio del sector nacional. . . . .	18
2.3.1 Generalidades de las empresas. . . . .	19
2.3.2 Tipo de energía que se utiliza en los procesos productivos. . . . .	21
2.3.3 Condiciones de operación de la planta. . . . .	21
2.3.4 Sub-procesos más utilizados. . . . .	23
2.4 Caracterización de los procesos de acabado en la industria textil. . . . .	28
2.5 Evaluación preliminar de las empresas prototipo. . . . .	31
2.5.1 Evaluación preliminar de la empresa 1. . . . .	32
2.5.1.1 Descripción de los procesos de acabado en la empresa 1. . . . .	35
2.5.2 Evaluación preliminar de la empresa 2. . . . .	41
2.5.2.1 Descripción de los procesos de producción en la empresa 2. . . . .	44

### CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN EL SECTOR TEXTIL

3.1	Análisis de la evaluación preliminar. . . . .	50
3.1.1	Determinación de las áreas potenciales de implementación de PML en los procesos de acabado de la industria textil. . . . .	50
3.1.1.1	Descripción del proceso de evaluación. . . . .	50
3.1.1.2	Resultados de la evaluación preliminar en la empresa 1. . . . .	53
3.1.1.3	Resultados de la evaluación preliminar en la empresa 2. . . . .	57
3.2	Análisis de empresa 1. . . . .	61
3.2.1	Balance de materia de la empresa 1. . . . .	61
3.2.1.1	Desengomado. . . . .	61
3.2.1.2	Teñido de poliéster en jet horizontal. . . . .	62
3.2.1.3	Teñido de poliéster en jet tubular. . . . .	65
3.2.1.4	Teñido de poliéster-rayón en jet tubular. . . . .	67
3.2.1.5	Teñido de rayón en jigger . . . . .	69
3.2.1.6	Resinado de tela. . . . .	70
3.2.1.7	Inspección de calidad . . . . .	73
3.2.2	Pérdidas de calor. . . . .	73
3.2.2.1	Pérdidas de calor por tuberías descubiertas . . . . .	73
3.2.2.2	Pérdidas de calor por fugas . . . . .	74
3.2.3	Análisis eléctrico de motores. . . . .	75
3.2.4	Almacenaje, seguridad, salud y manejo de materiales. . . . .	77
3.3	Análisis de la empresa 2. . . . .	80
3.3.1	Balance de materia de la empresa 2. . . . .	80
3.3.1.1	Engomado de lona . . . . .	80
3.3.1.2	Encerado de lona. . . . .	82
3.3.1.3	Teñido de franela. . . . .	84
3.3.1.4	Teñido de lona. . . . .	86
3.3.1.5	Plastificado. . . . .	88
3.3.1.6	Teñido de hilos. . . . .	90
3.3.2	Pérdidas de calor. . . . .	91
3.3.3	Almacenaje, salud y manejo de materiales. . . . .	93

### CAPITULO IV DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE PML

4.1	Estructura de las alternativas. . . . .	96
4.2	Alternativas de PML en la Empresa 1. . . . .	98
4.2.1	Desengomado. . . . .	98
4.2.1.1	Lavado contracorriente . . . . .	98
4.2.1.2	Cambio de intercambiador abierto a intercambiador cerrado . . . . .	104
4.2.2	Proceso de teñido de poliéster en jet. . . . .	108
4.2.2.1	Recolectar el agua de arrastre del ultimo enjuague para el próximo teñido . . . . .	108
4.2.2.2	Uso de agua de enjuague para otros enjuagues . . . . .	111

4.2.3	Teñido de rayón en jigger	115
4.2.3.1	Cambiar el diseño de la tela guía	115
4.2.3.2	Disminución del volumen de trabajo en la cuba	118
4.2.4	Proceso de resinado de tela.	121
4.2.4.1	Disminuir el tamaño de la cuba	121
4.2.4.2	Modificación en el depósito mezclador	125
4.2.5	Inspección.	128
4.2.5.1	Cambio de la medida de señalización de cada pieza	128
4.2.6	Pérdidas de calor.	130
4.2.6.1	Aislamiento de tuberías descubiertas	130
4.2.7	Almacenaje, seguridad, salud y manejo de materiales.	133
4.2.7.1	Cambio de utilización en los instrumentos	133
4.2.7.2	Utilización del equipo de protección personal	135
4.2.7.3	Eliminar el contacto de las extensiones con el agua	138
4.3	Alternativas de la empresa 2.	140
4.3.1	Engomado de lona	140
4.3.1.1	Mejora del procedimiento de preparación de la goma	140
4.3.1.2	Reducción del tamaño de la cuba	142
4.3.2	Encerado de lona.	144
4.3.2.1	Obtener relación de peso de cera con la lona	144
4.3.2.2	Utilizar 2 ejes por motor	146
4.3.3	Proceso de teñido en jigger.	147
4.3.3.1	Colocar exprimidor a la salida de la jigger	147
4.3.4	Proceso de plastificado.	149
4.3.4.1	Formulación para elaborar solución plastificadora	149
4.3.4.2	Eliminación del plastificado innecesario	152
4.3.5	Teñido de hilos.	156
4.3.5.1	Utilización de un diagrama hombre-máquina	156
4.3.6	Pérdidas de calor.	162
4.3.6.1	Aislamiento de tuberías descubiertas	162
4.3.7	Almacenaje, salud y manejo de materiales.	164

## CAPITULO V

### MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN

5.1	Prólogo	166
5.2	Manual de aplicación	167

Conclusiones	203
Recomendaciones	204
Glosario.	205
Siglas	209
Abreviaturas.	210
Bibliografía.	211

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Formato de encuesta para empresas textiles. . . . .	216
ANEXO B. Formato de entrevista para la evaluación preliminar . . . . .	219
ANEXO C. Fichas del eco-inspector utilizadas. . . . .	227

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tipos y Características de desengomantes de algodón. . . . .	3
Tabla 1.2	Características de los procesos de teñido. . . . .	5
Tabla 1.3	Tipo de agentes de teñido . . . . .	6
Tabla 1.4	Tipos de acabados funcionales. . . . .	7
Tabla 1.5	Características del desecho proveniente de la preparación de telas. . . . .	10
Tabla 1.6	Características del agua residual de coloración e impresión. . . . .	10
Tabla 1.7	Características del agua residual de las operaciones de acabado. . . . .	10
Tabla 2.1	Empresas que no se pueden incluir en el estudio. . . . .	14
Tabla 2.2	Lista de empresas que corresponden al universo del estudio . . . . .	15
Tabla 2.3	Fuentes de energía más comunes en las empresas textiles. . . . .	21
Tabla 2.4	Caracterización de las condiciones generales. . . . .	29
Tabla 2.5	Caracterización de los procesos húmedos. . . . .	30
Tabla 2.6	Ficha de la empresa 1. . . . .	32
Tabla 2.7	Ficha de la empresa 2. . . . .	41
Tabla 3.1	Criterios tomados en cuenta en las entradas. . . . .	50
Tabla 3.2	Criterios tomados en cuenta en las salidas. . . . .	51
Tabla 3.3	Criterios tecnológicos tomados en cuenta. . . . .	51
Tabla 3.4	Escala de potenciales de PML. . . . .	51
Tabla 3.5	Evaluación del grado de optimización. . . . .	52
Tabla 3.6	Potencial total de mejora de los procesos en la Empresa 1. . . . .	54
Tabla 3.7	Conclusiones de la evaluación preliminar en la Empresa 1. . . . .	56
Tabla 3.8	Potencial total de mejora de los procesos en la Empresa 2. . . . .	58
Tabla 3.9	Conclusiones de la evaluación preliminar en la Empresa 2. . . . .	60
Tabla 3.10	Indicadores de consumo y descarga para el desengomado. . . . .	62
Tabla 3.11	Indicadores de consumo y descarga en jet horizontal. . . . .	64
Tabla 3.12	Indicadores de consumo y descarga para el teñido de poliéster en jet tubular. . . . .	66
Tabla 3.13	Indicadores de consumo y descarga para el teñido de poliéster-rayón en jet tubular. . . . .	68
Tabla 3.14	Indicadores de consumo y descarga en teñido de rayón en jigger . . . . .	70
Tabla 3.15	Indicadores de consumo y descarga para el resinado. . . . .	72
Tabla 3.16	Calor perdido en tuberías descubiertas. . . . .	74
Tabla 3.17	Calor perdido por fugas. . . . .	75
Tabla 3.18	Indicadores de consumo y descarga para el engomado de lona. . . . .	81
Tabla 3.19	Indicadores de consumo y descarga para el encerado de lona. . . . .	83
Tabla 3.20	Indicadores de consumo y descarga para el teñido de franela. . . . .	85
Tabla 3.21	Indicadores de consumo y descarga para el teñido de lona. . . . .	87
Tabla 3.22	Indicadores de consumo para la plastificadora. . . . .	89

Tabla 3.23	Indicadores de consumo y descarga para el teñido de hilo. . . . .	91
Tabla 3.24	Calor perdido en tuberías descubiertas. . . . .	92
Tabla 3.25	Calor perdido por fugas. . . . .	92
Tabla 4.1	Datos de entrada y salida de agua para el lavado contracorriente.	99
Tabla 4.2	Dimensiones de los vertederos. . . . .	99
Tabla 4.3	Valores actuales y estimados de los índices productivos luego de la aplicación de la alternativa . . . . .	100
Tabla 4.4	Masa de vapor que se ahorraría . . . . .	101
Tabla 4.5	Reducciones anuales en el consumo de materia prima . . . . .	101
Tabla 4.6	Reducción anual en los residuos . . . . .	101
Tabla 4.7	Valores actuales y estimados de las cargas luego de la aplicación de la alternativa . . . . .	102
Tabla 4.8	Beneficio anual con la implementación . . . . .	102
Tabla 4.9	Inversión inicial para la construcción de cada una de las canaletas cubas 4-2 . . . . .	102
Tabla 4.10	Inversión inicial para la eliminación del canal de los costados, la abertura de los vertederos y para sellar el rebalse . . .	103
Tabla 4.11	Inversión inicial para la eliminación del canal de los costados, la abertura de la recepción, bajar el rebalse y sellar el rebalse . . . . .	103
Tabla 4.12	Inversión inicial para la construcción de la canaleta en cubas 2-1 . .	103
Tabla 4.13	Inversión inicial para cortar las laminas para las tres canaletas . . .	103
Tabla 4.14	Índices financieros . . . . .	104
Tabla 4.15	Cálculos para diseño de serpentín . . . . .	105
Tabla 4.16	Valores actuales y estimados de los índices productivos luego de la aplicación de la alternativa . . . . .	106
Tabla 4.17	Reducción en el consumo debido al aumento en el retorno de condensado a la caldera . . . . .	106
Tabla 4.18	Reducción en la emisiones a la atmósfera como resultado de la disminución en la combustión de petróleo . . . . .	107
Tabla 4.19	Beneficio anual debido a un mayor retorno de condensado . . . . .	107
Tabla 4.20	Costos por tubos para el serpentín . . . . .	107
Tabla 4.21	Beneficio anual del captador de aguas . . . . .	110
Tabla 4.22	Inversión del captador de aguas. . . . .	110
Tabla 4.23	Costos operativos anuales del captador de aguas . . . . .	110
Tabla 4.24	Indices financieros del captador de aguas . . . . .	111
Tabla 4.25	Beneficio anual del uso de agua de enjuague . . . . .	114
Tabla 4.26	Inversión del uso de agua de enjuague . . . . .	114
Tabla 4.27	Costos operativos anuales del uso de agua de enjuague . . . . .	114
Tabla 4.28	Indices financieros del uso de agua de enjuague . . . . .	114
Tabla 4.29	Índices de descarga para el cambio de tela guía . . . . .	116
Tabla 4.30	Beneficio anual para el cambio de tela guía . . . . .	117
Tabla 4.31	Inversión para el cambio de tela guía . . . . .	117
Tabla 4.32	Costos operativos anuales para el cambio de tela guía . . . . .	117
Tabla 4.33	Elementos a modificar en la cuba . . . . .	118
Tabla 4.34	Índices de descarga para el cambio de volumen de la cuba . . . . .	119
Tabla 4.35	Beneficio anual para el cambio de volumen de la cuba . . . . .	120
Tabla 4.36	Inversión para el cambio de volumen de la cuba . . . . .	120

Tabla 4.37	Índices de producción actuales y proyectados al reducir el tamaño de las cubas . . . . .	122
Tabla 4.38	Reducción en el consumo al disminuir el volumen de las cubas . . .	123
Tabla 4.39	Valores actuales y estimados de las cargas luego de la aplicación de la alternativa . . . . .	123
Tabla 4.40	Beneficio económico al reducir el volumen de las cubas . . . . .	123
Tabla 4.41	Inversión inicial: cortar la franja y volver a soldar, cuba 1 . . . . .	124
Tabla 4.42	Inversión inicial eliminando el volumen sobre la cuba 1 . . . . .	124
Tabla 4.43	Inversión inicial para la construcción del embudo . . . . .	124
Tabla 4.44	Índices financiero actual y estimado para la reducción en el volumen de las dos cubas . . . . .	125
Tabla 4.45	Índices de producción actuales y proyectados al reducir el tamaño de las cubas . . . . .	126
Tabla 4.46	Reducciones anuales al disminuir el tamaño del depósito . . . . .	126
Tabla 4.47	Valores actuales y estimados de las cargas luego de la reducción en el volumen del depósito . . . . .	127
Tabla 4.48	Consumo de agua y resinas . . . . .	127
Tabla 4.49	Inversión inicial para reducir el volumen de la resinadora . . . . .	127
Tabla 4.50	Reducción de desperdicio de tela . . . . .	129
Tabla 4.51	Beneficio económico del cambio de señalización de tela . . . . .	129
Tabla 4.52	Índices de descarga para el aislamiento de tuberías . . . . .	132
Tabla 4.53	Descarga anual para el aislamiento de tuberías . . . . .	132
Tabla 4.54	Beneficio anual para la mejora en la preparación de la goma . . . . .	141
Tabla 4.55	Inversión para la mejora en la preparación de la goma . . . . .	141
Tabla 4.56	Beneficio anual para la reducción del tamaño de la cuba . . . . .	143
Tabla 4.57	Inversión para la reducción del tamaño de la cuba . . . . .	143
Tabla 4.58	Índices de consumo de energía eléctrica para el encerado . . . . .	145
Tabla 4.59	Beneficio anual para el control de relación de peso . . . . .	145
Tabla 4.60	Beneficio anual para el uso de un motor por dos ejes . . . . .	146
Tabla 4.61	Inversión para el uso de un motor por dos ejes . . . . .	146
Tabla 4.62	Beneficio anual para el uso de exprimidor a la salida de jigger . . . .	148
Tabla 4.63	Inversión para el uso de exprimidor a la salida de jigger . . . . .	148
Tabla 4.64	Índices de consumo para materias primas . . . . .	149
Tabla 4.65	Extracto de tabla de consulta para determinar la cantidad de insumos . . . . .	150
Tabla 4.66	Índices actuales y estimados para la formulación exacta . . . . .	150
Tabla 4.67	Beneficio anual al utilizar una formulación exacta . . . . .	151
Tabla 4.68	Índices financiero actual y estimado para la formulación exacta . . .	152
Tabla 4.69	Partes principales de cuba rediseñada . . . . .	153
Tabla 4.70	Costos de los ahorros eliminando el plastificado innecesario . . . . .	155
Tabla 4.71	Inversión en el montaje de la alternativa . . . . .	155
Tabla 4.72	Índices financiero actual y estimado para la eliminación del plastificado innecesario . . . . .	155
Tabla 4.73	Índices de descarga para el aislamiento de tuberías . . . . .	163
Tabla 4.74	Descarga anual para el aislamiento de tuberías . . . . .	163

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Flujograma del proceso de hilado. . . . .	2
Figura 1.2	Flujograma del proceso de tejido. . . . .	3
Figura 2.1	Productos más importantes . . . . .	19
Figura 2.2	Insumos más importantes . . . . .	19
Figura 2.3	Empresas exportadoras . . . . .	20
Figura 2.4	Tratados de libre comercio para el sector . . . . .	20
Figura 2.5	Uso de calderas . . . . .	21
Figura 2.6	Transporte de materiales . . . . .	22
Figura 2.7	Manejo de materia prima. . . . .	22
Figura 2.8	Tipos de mantenimiento. . . . .	22
Figura 2.9	Plantas de tratamiento . . . . .	23
Figura 2.10	Tipo de planta de tratamiento . . . . .	23
Figura 2.11	Empresas que utilizan engomado . . . . .	23
Figura 2.12	Agentes engomantes utilizados . . . . .	23
Figura 2.13	Empresas que utilizan desengomado . . . . .	24
Figura 2.14	Agentes desengomantes utilizados . . . . .	24
Figura 2.15	Empresas que utilizan descruce . . . . .	24
Figura 2.16	Tipos de descruce . . . . .	24
Figura 2.17	Agentes blanqueadores . . . . .	25
Figura 2.18	Tipo de teñido . . . . .	25
Figura 2.19	Tipos de teñidos discontinuos . . . . .	26
Figura 2.20	Tipos de colorantes . . . . .	26
Figura 2.21	Empresas con estampado . . . . .	27
Figura 2.22	Tipos de estampados . . . . .	27
Figura 2.23	Tipos de acabado funcional . . . . .	27
Figura 2.24	Sub-procesos textiles . . . . .	28
Figura 2.25	Diagramas de flujo de proceso en la empresa 1. . . . .	33
Figura 2.26	Diagrama de flujo del proceso de Reblanqueo . . . . .	42
Figura 2.27	Diagrama de flujo del proceso de Teñido . . . . .	42
Figura 2.28	Diagrama de flujo del proceso de Encerado . . . . .	43
Figura 2.29	Diagrama de flujo del proceso de Plastificado. . . . .	43
Figura 2.30	Diagrama de flujo del proceso de Teñido de hilos. . . . .	43
Figura 3.1	Matriz de potenciales de Producción Más Limpia en la Empresa 1. . . . .	53
Figura 3.2	Matriz de potenciales de Producción Más Limpia en la Empresa 2. . . . .	57
Figura 3.3	Diagrama de entradas y salidas del proceso de desengomado . . . . .	61
Figura 3.4	Resultado del balance de materia para el desengomado . . . . .	61
Figura 3.5	Diagrama de las entradas y salidas para el teñido de poliéster. . . . .	62
Figura 3.6	Resultado del balance de materia para el teñido de poliéster. . . . .	63
Figura 3.7	Diagrama de entradas y salidas en teñido de poliéster jet tubular. . . . .	65
Figura 3.8	Balance de materia anual del teñido de poliéster en jet tubular. . . . .	65
Figura 3.9	Diagrama de las entradas y salidas en teñido de poliéster-rayón. . . . .	67
Figura 3.10	Balance de materia anual del teñido de poliéster-rayón. . . . .	67
Figura 3.11	Diagrama de las entradas y salidas en teñido de rayón. . . . .	69
Figura 3.12	Resultado del balance de materia en teñido de rayón. . . . .	69
Figura 3.13	Diagrama de las entradas y salidas en el resinado de tela. . . . .	70

Figura 3.14	Resultado del balance de materia para el resinado de tela. . . . .	71
Figura 3.15	Diagrama del balance de materia para la operación de inspección .	73
Figura 3.16	Puntos de medición para motores AC . . . . .	75
Figura 3.17	Puntos de medición para motores DC . . . . .	76
Figura 3.18	Medición con el amp-probe . . . . .	76
Figura 3.19	Medición con el amperímetro . . . . .	76
Figura 3.20	Distribución del almacén de colorantes y químicos auxiliares. . . . .	77
Figura 3.21	Diagrama de las entradas y salidas del engomado. . . . .	80
Figura 3.22	Balance de materia anual del proceso de engomado. . . . .	80
Figura 3.23	Diagrama de las entradas y salidas del encerado. . . . .	82
Figura 3.24	Resultado del balance de materia del proceso de encerado. . . . .	82
Figura 3.25	Diagrama de las entradas y salidas del teñido de franela. . . . .	84
Figura 3.26	Balance de materia anual del proceso del teñido de franela . . . . .	84
Figura 3.27	Diagrama de las entradas y salidas del teñido de lona. . . . .	86
Figura 3.28	Balance de materia anual del proceso del teñido de lona. . . . .	86
Figura 3.29	Diagrama de las entradas y salidas del plastificado. . . . .	88
Figura 3.30	Balance de materia anual del proceso del plastificado. . . . .	88
Figura 3.31	Diagrama de las entradas y salidas del teñido de hilos. . . . .	90
Figura 3.32	Balance de materia anual del proceso del teñido de hilos. . . . .	90
Figura 3.33	Diagrama de ubicación de las áreas de almacenamiento . . . . .	93
Figura 4.1	Diagrama de lavado contracorriente. . . . .	98
Figura 4.2	Diagrama de vertederos. . . . .	99
Figura 4.3	Contenedor en canaleta para cuba 5. . . . .	100
Figura 4.4	Diagrama de los serpentines propuestos. . . . .	105
Figura 4.5	Captador de aguas . . . . .	109
Figura 4.6	Proceso actual de entradas y salidas de agua en el teñido en jet . .	111
Figura 4.7	Proceso propuesto de entradas y salidas de agua en teñido en jet .	112
Figura 4.8	Dimensiones de la tela y de los plásticos . . . . .	115
Figura 4.9	Cuba de jigger con propuestas de cambio . . . . .	118
Figura 4.10	Rediseño de entrada de resinas . . . . .	121
Figura 4.11	Rediseño de cuba 1 . . . . .	121
Figura 4.12	Rediseño de cuba 2 en el resinado . . . . .	122
Figura 4.13	Rediseño del depósito mezclador resinas-agua . . . . .	126
Figura 4.14	Tubería de vapor . . . . .	130
Figura 4.15	Costes de la seguridad e inseguridad . . . . .	137
Figura 4.16	Llenado de tanque . . . . .	140
Figura 4.17	Disminución del volumen de la cuba . . . . .	142
Figura 4.18	Exprimidor de salida . . . . .	147
Figura 4.19	Sección lateral rediseño cuba . . . . .	152
Figura 4.20	Detalle de rueda . . . . .	152
Figura 4.21	Detalle guías para cremallera . . . . .	153
Figura 4.22	Corte transversal sección volante-guías arriba-abajo . . . . .	153
Figura 4.23	Diseño de espátula . . . . .	154
Figura 4.24	Diagrama de actividades múltiples . . . . .	157
Figura 4.25	Modificaciones en área de trabajo . . . . .	165

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de graduación gira entorno a la elaboración de un manual de aplicación de las técnicas de producción más limpia en los procesos de acabado del sector textil en El Salvador. Se divide en V capítulos los cuales guardan el debido orden de tal manera que el lector pueda seguir el contenido del documento de manera sencilla.

El Capítulo I, trata sobre el entorno del proyecto, exponiendo un marco histórico, de cómo se han desarrollado la industria textil en nuestro país y la Producción Más Limpia tanto nacional como internacionalmente. Luego un marco conceptual donde se explican los principales procesos productivos de la industria textil, y la teoría acerca de lo que es Producción Más Limpia.

Una vez se conoce las características del entorno en el cual se ha desarrollado el proyecto, los procesos que se han analizado y la problemática a resolver, se está preparado para continuar con el Capítulo II. En este se presentan los resultados del diagnóstico del sector textil, que se llevo a cabo a través de una encuesta, estos resultados muestran el estado actual del sector textil, llevan a caracterizar la industria de tal manera que se puede dividir en subsectores que validan las empresas prototipo escogidas como representativas del sector. Este capítulo termina con una descripción de las empresas prototipo.

A continuación en el Capítulo III se detallan los resultados de los balances de materia realizados a los subprocesos textiles escogidos. En el Capítulo IV se detallan las alternativas que surgen para mejorar la eficiencia de los subprocesos y que de esta manera se produzcan menos desperdicios. Para finalizar, en el Capítulo V se encuentra el Manual de Aplicación, que se presenta en un formato diferente al del resto del documento, debido a que se le ha querido brindar una proyección más allá de un trabajo de graduación, es decir que sea independiente del resto del documento. De esta manera se presenta el resultado de un largo proceso de recopilación de información, análisis y generación de soluciones condensado en este trabajo de graduación.

## OBJETIVOS

### GENERAL

Diseñar un manual que ofrezca diferentes alternativas a los procesos de acabado dentro del sector textil, que optimice el empleo de los insumos, mediante la implementación de la estrategia ambiental preventiva Producción Más Limpia.

### ESPECÍFICOS

- ◆ Aportar conocimientos en el área de acabado de textiles que lleven a la reducción de la contaminación del Medio Ambiente.
- ◆ Ofrecer opciones que posibiliten la disminución de gastos en la construcción, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento.
- ◆ Identificar puntos críticos del proceso general en los que existe potencial de mejora para el aprovechamiento de los insumos.
- ◆ Transmitir a la sociedad los resultados de los estudios llevados a cabo y la metodología utilizada en la realización del manual

## ALCANCES

- Las técnicas de Producción Más Limpia pueden tener diferentes enfoques, sin embargo, se ha utilizado la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI).
- El sector seleccionado es la industria textil, específicamente se estudiarán los procesos dedicados al acabado de textiles, para algodón y sintéticos, llamadas también textileras húmedas.
- Se tomaron dos empresas con un departamento de textil húmedo para realizar el análisis de Producción Más Limpia.
- Por el tipo de característica del proceso, se dio prioridad a las alternativas que redujeran los efluentes líquidos. Porque los desechos sólidos son estables y la mayoría de los efluentes gaseosos se limitan al vapor y su generación (combustibles).
- Aunque se ha realizado un análisis completo de cada proceso, las alternativas propuestas han llegado al grado de recomendación, es decir, no han sido implementadas en las empresas. Que debe ser el próximo paso para un posterior estudio.

## LIMITACIONES

- En la segunda empresa no pudieron realizarse las pruebas físico-químicas, por razones de presupuesto de la empresa. Sin embargo, si se realizó el balance de materia y se desarrollaron las alternativas en dicha empresa.
- Las políticas sobre la divulgación de información industrial que tienen las empresas, ha llevado a la censura de los nombres técnicos de los compuestos utilizados para cada proceso.
- Debido a que la normativa sobre las cantidades de contaminantes que las industrias pueden verter al medio no ha sido aprobada, se hará siempre referencia a la última propuesta de norma existente.

# CAPITULO I. ENTORNO DEL PROYECTO

## 1.1 INDUSTRIA TEXTIL EN EL SALVADOR

### 1.1.1 ORIGENES

La industria textil en El Salvador inició a finales del siglo XIX con la introducción del telar manual y el uso de materia prima importada. Fue evolucionando lentamente en el siglo XX, marcada por aspectos importantes, como la creación de la Cooperativa Algodonera en 1942, que controlaba la totalidad de la producción nacional, su punto de auge fue la década de los 50, por la necesidad mundial de tejidos; la situación política del país a partir de 1979, condujo a la intervención del Estado y el cierre de muchas empresas. Con la restauración de la paz se ha tenido la dedicación del gobierno por impulsar la industria, siendo más beneficiada la maquila, por encima de las textileras.

### 1.1.2 PROCESOS DE HILADO Y TEJIDO

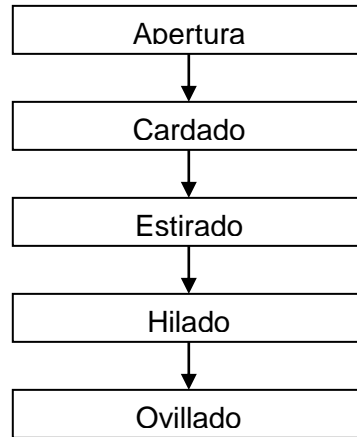
Es importante conocer el contexto de trabajo continuo de la materia prima para poder tener una idea de la relevancia del área seleccionada. A continuación se describe de manera resumida los procesos de hilado y tejido.

#### 1.1.2.1 HILATURA [HERNÁNDEZ, 1990]

El proceso de hilatura comienza con la llegada de las pacas, de donde son trasladadas a la sala de apertura. Son introducidas en la máquina abridora que desmenuza; enseguida, es pasado a la sala de cardas, en donde el material sufre el primer ordenamiento de sus fibras hasta convertirse en cintas que son depositadas en unos recipientes cilíndricos. Estas cintas son trasladadas a la sala de manuales, en donde se hará la reunión de varias cintas para sacar una más regular. A continuación, son transportados a la sección de mecheras, que es una función de estiraje y torsión, las cintas son convertidas en mechas y son enrolladas en bobinas, que son llevadas a la sección de continuas, en donde se convertirán las mechas en

el hilo definitivo. Se muestra una figura, que muestra de manera esquemática el proceso.

Figura 1.1 Flujoograma del proceso de hilado



#### 1.1.2.2 TEJEDURIA [HERNÁNDEZ, 1990]

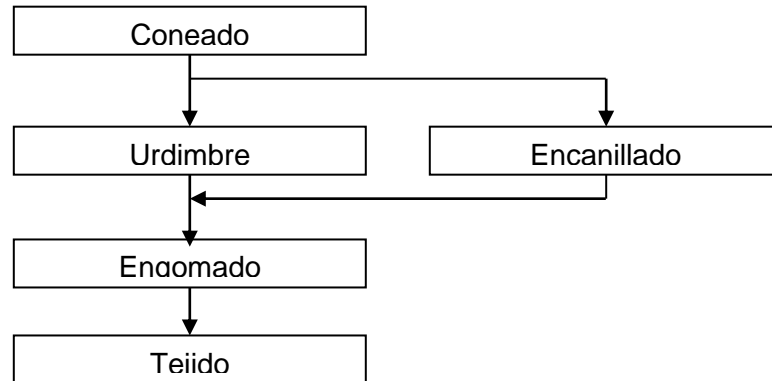
Este proceso comienza con la preparación de los hilos para el tisaje. El hilo proveniente del departamento de hilados, se transporta en carros metálicos y se depositan en las canoas de la envolvedora, cuya función es desenvolver las bobinas producidas en las continuas, corregir los errores de hilatura y envolver nuevamente el hilo en forma de conos, más apropiado para los procesos posteriores.

Estos conos, luego pasan a la máquina urdidora cuya función es reunir en un cilindro, en forma ordenada, los hilos que han de formar la urdimbre de la tela. La máquina se alimenta con conos. El número de hilos y la longitud de los mismos, varía con los diseños y las cantidades de tela que se vayan a producir.

La trama se prepara en las encanilladoras, que transforman la envoltura de los conos en bobinas o canillas, cuyo destino inmediato es el telar. Este paso se hace paralelamente a la urdimbre. Seguidamente, los cilindros de urdimbre pasan a las engomadoras en donde se les da a los hilos un baño uniforme de goma para conseguir mayor resistencia a la abrasión y lubricación que le da mayor eficiencia en los telares; además de que se reúnen los hilos que vienen de otras urdidoras en varios cilindros para formar con ellos uno que posea la cantidad de hilos requeridos según la construcción de la tela.

Enseguida son trasladados los cilindros de urdimbre y las canillas a la sección de telares; en este momento que se da verdaderamente el proceso de tejeduría.

Figura 1.2 Flujoograma del proceso de tejido



### 1.1.3 PROCESOS DE ACABADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL [UNEP, 2003]

Se les denomina procesos de acabado a los que incluyen las operaciones de lavado, teñido y el acabado funcional de la tela. Normalmente se colocan todos estos procesos en una sola planta. La descripción detallada de cada una de las operaciones que presenta este sector se muestra a continuación:

#### *DESENCOLADO O DESENGOMADO*

En esta operación, previa al teñido, se remueve el agente encolado empleado para los tejidos planos. El desengomado puede ser ácido o enzimático, el mecanismo de acción de cada uno de ellos se ilustra en la siguiente tabla. Para ello puedan utilizarse enzimas ácidas, detergentes alcalinos y jabones disueltos en agua, para posteriormente enjuagar la tela.

Tabla 1.1 Tipos y características de desengomantes de algodón

TIPO DE DESENGOMADO	CONDICIONES	MECANISMO
Ácido	Temp. Ambiente (30°C) 4-12 horas.	Hidrólisis y solubilización de la fécula mediante ácidos inorgánicos diluidos
Enzimático	55°-82°, 4-8 horas	Emplea enzimas vegetales o animales para descomponer la goma en formas solubles en agua.

### *MERCERIZADO*

Este proceso permite incrementar la resistencia tensil, lustre y la afinidad de los colorantes sobre la fibra de algodón y fibras sintéticas celulósicas. Consiste en impregnar la tela o el hilado con una solución fría de hidróxido de sodio. Este procedimiento se realiza manteniendo estirado el hilado o tejido. En algunos casos se elimina posteriormente el álcali con ayuda de algún ácido débil y se enjuaga con agua y vapor, provocándose la consecuente descarga. En otros, el exceso de soda en la tela o el hilado es aprovechado para el siguiente paso de descrude. Por otra parte el primer enjuague de este proceso no acidulado puede concentrarse y recuperarse para su reuso en el mercerizado.

### *DESCRUDE*

Remueve impurezas naturales, adheridas a las fibras y a la tela para acondicionarlas para las posteriores etapas de blanqueo o tintura. Como ya se mencionó en el teñido directo de hilado, en este proceso se emplean soluciones alcalinas y detergentes en caliente, obteniéndose descargas similares a las antes descritas. En muchos casos puede practicarse el descrude y blanqueo en forma conjunta.

### *BLANQUEO*

Remueve la materia coloreada. Se utiliza sobre el algodón y algunas fibras sintéticas después o en forma simultánea con el descrude y antes del teñido o estampado. El material textil se trata con una solución diluida de los agentes blanqueadores y tensoactivos. Después del blanqueo, la tela se enjuaga con agua y luego se trata con sustancias reductoras que eliminan el exceso de agente oxidante.

Los agentes de blanqueo más empleados en tejidos de algodón son los siguientes:

- a) Hipoclorito de sodio: Soluciones diluidas a temperatura ambiente
- b) Peróxido de hidrógeno en caliente
- c) Hipoclorito de calcio

## TEÑIDO

Etapa más compleja dentro de las operaciones de procesamiento húmedo; involucra una gran variedad de colorantes y agentes auxiliares de teñido. La calidad de la tintura depende del equipamiento empleado, la fórmula específica, los tintes y auxiliares de tintes que proveen el medio químico para su difusión y fijación en la fibra. La tintura puede realizarse en procesos discontinuos o de agotamiento y en procesos continuos o de impregnación.

Los procesos discontinuos de agotamiento se caracterizan porque el material textil está un tiempo más o menos largo en contacto con el baño de teñido, dando tiempo a que el colorante se fije en la fibra. El proceso se realiza de diferentes maneras:

Tabla 1.2 Características de los procesos de teñido

TIPO DE PROCESO	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Material en movimiento y en baño en reposo	Barca de torniquete	Se emplea para el teñido de tejidos de punto o jersey, felpas, alfombras y tejidos planos. La relación de baño, volumen de baño por kilogramo de material que se procesa varía entre 1 de colorante y 30 de agua hasta 1:15
	Jigger	Se trabaja solamente tejidos planos. Mayor velocidad de circulación de materia textil en forma de cuerda. Relación de baño promedio es 1 de colorantes a 15 de agua; existe ahorro de productos auxiliares, agua y energía
Material en reposo y el baño en movimiento	Autoclaves verticales u horizontales	Este proceso se utiliza para el teñido de hilados, ya sea en forma de madeja, conos, bobinas, tejidos de punto sintéticos y tejido plano
Material y baño en movimiento	Jet y overflow	Con este método se ha conseguido el aumento de la producción teñido, mejorando la uniformidad y el aspecto final de las telas. Las máquinas trabajan a altas temperaturas y permite teñir a velocidades de circulación muy elevadas. La relación del baño promedio es de 1:10 y se emplea tanto para tejidos planos como de punto

Los procesos continuos o de impregnación se usan principalmente para la tintura de tejido plano, aunque, para determinados colores, también se aplica a tejidos tubulares (de punto). La tela pasa en forma continua por una máquina que contiene una solución concentrada de colorantes y auxiliares. Luego se exprime y se

fija el colorante ya sea por reposo en una cámara, o por medio de vapor o por calor seco a alta temperatura. Los tipos de fijación varían de acuerdo al colorante utilizado.

El tipo de colorante empleado en la tintura determina los auxiliares utilizados: sales de sodio, cloruros, sulfatos y carbonatos como agentes sinergistas. Si bien en la actualidad se tiene la tendencia de suprimirlos, en tratamientos posteriores se emplean sales de cobre y cromo para la fijación de algunos colorantes, lo que mejora la solidez. Un resumen de los diferentes tipos de colorantes empleados se presenta en la tabla 1.3

Tabla 1.3 Tipo de agentes de teñido

TIPO	COMPUESTO	CARACTERÍSTICAS
Directos	Compuestos neutros afines a la celulosa	Debido a su alta solubilidad es necesario utilizar sales (cloruros o sulfatos) para obtener un agotamiento óptimo.
Tinas	Insolubles en agua	Utilizan agentes reductores fuertes, tales como el hidrosulfito en medio alcalino, posteriormente se oxidan con perboratos o peróxidos.
Sulfurosos	Contienen compuestos de azufre en su estructura	Se aplica en la fibra en estado reducido disueltos en sulfuro de sodio para luego oxidarse, produciendo la coloración esperada
Azoicoa	Basados en el Beta-Naftol	El tejido se impregna con un agente de desarrollo como el naftol; luego se exprime y eventualmente se seca, posteriormente se trata con una base diazotada o su correspondiente sal soluble para que se produzca el desarrollo (o copulación) del color
Reactivos	Tipo marcas registradas	Son los únicos colorantes que se unen a la fibra químicamente, se fijan en caliente a pH alcalino

### *ESTAMPADO*

En contraposición al teñido, en el estampado se usan soluciones o dispersiones espesadas, de esta manera se evita que la partícula de colorante migre, reteniéndose el color en la superficie del estampado. De acuerdo con el diseño se usan pastas de almidón, dextrina o goma. Se realiza principalmente por dos procedimientos.

*Estampado por rodillos:* Método de trabajo continuo que mediante rodillos gravados en hueco transmite por contacto la pasta de estampado al tejido de acuerdo al diseño.

*Estampado a la lionesa o en la malla:* La pasta de impresión se transfiere al textil a través de aberturas en mallas especialmente diseñadas. El estampado puede ser en cuadros planos o rotativos, mientras que el manual y el semiautomático se procesan en cuadros planos únicamente. Después de estampar y secar, el género debe someterse a un proceso de fijación de colorante.

### ACABADO FUNCIONAL

El acabado funcional hace referencia a la aplicación de tratamientos químicos que amplían la función de un tejido al dotarlo de determinadas propiedades. Si bien la variedad de químicos que se utiliza es amplia, el agua residual que se genera durante su aplicación es por lo general reducida. Los acabados con frecuencia se aplican al tejido a partir de una solución de agua. Es posible aplicar varios acabados a partir de un solo baño. La aplicación se realiza por medio de calandrias que transportan con un rodillo el acabado de una cuba a la superficie del tejido. Luego el acabado se seca y cura sobre el tejido. Las fuentes de agua residual son los depósitos utilizados para el baño y la limpieza del equipo y los tanques de mezclado.

Tabla 1.4 Tipos de acabados funcionales

TIPO DE ACABADO	PRODUCTOS EMPLEADOS	CARACTERÍSTICAS
Planchado permanente	Resinas sintéticas	La durabilidad se consigue con una cura de calor y un catalizador que genera una reacción de polimerización en la estructura física actual del tejido se fija
Tejidos impermeables	Siliconas	Si son aplicados en forma adecuada, los tratamientos de silicona pueden resistir varias lavadas en agua o en seco. Además de agua, las siliconas repelen con efectividad los fluidos grasos.
Resistencia al fuego	Cloruro de fosfonio de tetrakis	Los acabados anti-inflamables se aplican a tejidos celulósicos para evitar que entren en combustión
Tejidos a prueba de polillas	Fluoruro de silicona y fluoruro de clomo	Se aplican usualmente a la lana y otras fibras de pelo animal, haciendo que dejen de ser un alimento apropiado para la larva de la polilla
Bacteriostáticos y resistencia al moho	Fenoles clorados o sales metálicas de zinc y cobre	Estos aditivos evitan los olores, prolongan la vida del tejido y también combaten el moho, los hongos e impiden el crecimiento de bacterias
Telas a prueba de manchas	Silicona orgánica, fluoruros o derivados de oxazolina	Los acabados que no retienen las manchas permiten la remoción de manchas de los tejidos con un simple lavado, además algunos de ellos hacen que el poliéster o sus mezclas se vuelvan menos conductores de la acumulación de estática

#### 1.1.4 CONTAMINACION GENERADA POR LOS PROCESOS DE ACABADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL [CEPIS, 2003]

La naturaleza de las vertientes de la industria textil en su mayoría son líquidas y estas son ricas en compuestos químicos.

La minimización de residuos se considera como una estrategia gerencial tendiente a reducir el volumen y la carga contaminante de los vertimientos generados por un proceso productivo; así como optimizar los procesos que producen descargas residuales líquidas, sólidas y emisiones gaseosas.

En cuanto a los efluentes, las aguas residuales que se producen en las textileras, a excepción de las generadas en el lavado de lanas, se caracterizan por:

- Gran variabilidad de caudal y carga contaminante.
- Bajo contenido en materias coloidales y en suspensión.
- La mayor parte de su contaminación está bajo la forma soluble.
- Presentan coloración.
- Carga orgánica media expresada en DBO, el doble del agua residual urbana.

Los efluentes producidos en las operaciones de tintura y acabado presentan materia orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO) que en general triplica o cuadruplica la DBO. Esto indica la pobre biodegradabilidad de este tipo de descargas.

Los colorantes tina son insolubles en agua, generalmente provocan efluentes con altos valores de DQO.

Los colorantes al sulfuro generan aguas de desecho alcalinas, altamente coloreados y tóxicos y constituyen uno de los efluentes más contaminados. Los colorantes "sulfuros ecológicos" utilizan reductores y requieren una menor cantidad de sulfuro de sodio para su disolución. Existe una tendencia mundial a no usar los colorantes al sulfuro.

Los lodos provenientes de procesos textiles, generan altos costos de tratamiento, transporte y disposición. El incremento de los costos de disposición y el alto precio de los fertilizantes han motivado su uso en la agricultura. Esta alternativa resulta técnica y económicamente recomendable, ya que los lodos contienen compuestos orgánicos biodegradables que pueden aportar nutrientes a las plantas.

El efecto más peligroso de la utilización de lodos en la agricultura son los metales que se acumulan en los suelos y vegetales; estos últimos pueden alcanzar niveles tóxicos que afectan la salud si se utilizan en la alimentación de animales y humanos.

Generalmente los efluentes textiles correctamente tratados pueden descargarse sin inconvenientes a ríos y otras fuentes de agua superficiales. Cuando los efluentes se descargan sin el debido tratamiento, se pueden observar diferencias en la coloración original del cuerpo de agua y la formación de espumas en su superficie; esto se origina por los tintes y tensoactivos, respectivamente. La espuma reduce la proporción de oxígeno transmitido a través de la superficie del río y limita la capacidad de auto depuración de la corriente, tal es el caso de la espuma estable que se forma al juntarse tensoactivos no iónicos con aniónicos en una relación de 1 a 0.4 mg/l.

Los tóxicos y metales pesados en pequeñas concentraciones pueden acumularse en los tejidos de estos animales o incrementar el nivel tóxico del agua en los ríos; sus efectos se muestran a largo plazo, pero son igualmente peligrosos y, en la mayoría de los casos, son más difíciles y costosos de tratar.

Los colorantes comerciales básicos, como el trifenilmetano, fenacina y tiacina causan menor deterioro ambiental por su mayor fotodegradación o pérdida del color en solución que los tintes básicos modernos o "modificados" como el Azo, antraquinonoides y otros, que contrariamente pierden más fácilmente el color sobre la fibra que en solución.

Los procesos de acabado textil como teñido, estampado y procesos para alargar la vida del producto son los de mayor riesgo ambiental debido a los insumos químicos utilizados. La variedad de insumos depende del tipo de fibra y acabado que se desea.

Los efluentes son en su mayoría de origen orgánico químico o petroquímico (87%), seguidos por efluentes acuosos que contienen una mezcla de materiales inorgánicos (11%). Todos ellos tuvieron pH neutro y no pueden ser dispuestos directamente al alcantarillado. Uno de los principales riesgos que presentan estos efluentes, es que generalmente son inflamables o combustibles. Por otro lado, más de 80% de los efluentes analizados son de probable re uso después de tratamiento.

1.1.4.1 TABLAS DE CARACTERÍSTICAS DE DESECHOS EN EL SECTOR TEXTIL  
[MARN, 2002]

Tabla 1.5 Características del desecho proveniente de la preparación de telas

PROCESO	PROPÓSITO	ESPECIES EN EL BAÑO/AGUA DE LAVADO
Desengomado de los tejidos	Eliminar la goma que se aplica al tejido	Enzimas, almidón degradado (alto en DBO)
Limpieza(sólo para algodón)	Eliminar las impurezas naturales y los contaminantes debidos al manejo	NaOH; agente quelante para el Hierro (Fe); detergentes; grasas; aceites; pectina; cera; semilla de algodón; vástagos y hojas; lubricantes para el tejido; acabado de la hilatura
Decolorado	Decolorar los pigmentos naturales y lograr una mayor uniformidad en la absorción del color	Peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )(lo más común); silicato de sodio, surfactantes, quelados, carbonato de sodio
Mercerizado(sólo para el algodón)	Mejorar las propiedades químicas y físicas de la tela	NaOH (solución del 16 al 24%)

Tabla 1.6 Características del agua residual de la coloración e impresión

PROCESO	PROPÓSITO	COMPUESTOS EN EL BAÑO/AGUA DE LAVADO
Directo y reactivo	Coloración de algodón	Color (para el azul y el verde incluye Cobre (Cu)), surfactante, antiespumante, sales de sodio, secuestrante, agentes niveladores y retardadores (sólo directo), diluyentes y acabado. Para la limpieza posterior: surfactante, secuestrante (fosfato), ácido acético, fijador (catiónico) y Cloruro de Sodio (NaCl.)
Disperso	Coloración de poliéster	Color, ácido acético, fosfatos, agentes niveladores, transportador (benzoato de metilo, benzoato de fenilo), antiespumantes, lubricantes, dispersantes, deslustrantes y diluyentes. Para la limpieza posterior: NaOH, sosa comercial, hidrosulfito de sodio y ácido acético.
Impresión	Rayón	Urea (solución de hasta el 20%)

Tabla 1.7 Características del agua residual de las operaciones de acabado

TIPO DE ACABADO	COMPUESTOS EN EL BAÑO/AGUA DE LAVADO
Planchado permanente o durable	Urea de dimetil dihidroxy etileno (DMDHEU), con catalizador (MgCl <sub>2</sub> ), reblandecedor (compuesto grasoso, plietileno, silicón) y sulfactante
Emisión de suciedad	Acrílico; fluoroquímicos
Resistencia a las manchas y a la suciedad	Sustancias fluoroquímicas
Resistencia o retardo a la llama	Solubles en agua (se aplican de nuevo después del contacto con el agua), como bórax, ácido bórico o fosfato de amonio
Bacteriostático	Acetato de cinc con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y ácido acético para el algodón; melamina de metilol con nitrato de cinc; cloruro de cinc, NH <sub>4</sub> Cl

## 1.2 TEORÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La Producción Más Limpia (PML) es un término general que describe un enfoque de medidas preventivas para la actividad industrial. Este se aplica de igual manera al sector de servicio, a los sistemas de transporte y a la agricultura. No se trata de una definición legal, ni científica que pueda ser sometida a exámenes minuciosos. La PML reconoce que la producción no puede ser absolutamente limpia. La realidad práctica asegura que habrá residuos de algún tipo, de procesos y productos obsoletos, pero se busca la reducción al mínimo de los desechos.

Para los procesos de producción, la PML incluye la conservación de la materia prima y la energía, la disposición de materiales tóxicos y la reducción de los desechos en la fuente. Para los productos, la estrategia se enfoca a reducir los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida de los artículos.

### ALGUNOS CONCEPTOS ERRÓNEOS DE PML SON:

- Reciclado fuera del emplazamiento: Ej. Recuperación de disolventes en una instalación de destilación, crea contaminación en el transporte y reciclado.
- Tratamiento de desechos: Este implica cambiar la forma o composición de una corriente de desechos mediante reacciones controladas para reducir o eliminar contaminantes. Ejemplos: detoxificación, incineración, descomposición, estabilización, y solidificación o encapsulamiento.
- Dilución de componentes para reducir riesgo o la toxicidad: no reduce el monto absoluto de componentes peligrosos que entran al medio ambiente.

Uno de los puntos primordiales de la PML es la generación de opciones, mediante las cuales se reducirían los desechos generados, las ideas para las opciones pueden provenir de:

- Lluvia de ideas
- Estudios de casos anteriores
- Investigación de nuevas tecnologías
- Resultados del balance de materia y energía

A continuación se listan las principales medidas que han demostrado ser buenas opciones en la búsqueda de la reducción de desechos:

#### BUENAS MEDIDAS DE MANEJO

- Manejo y transferencia de materiales y agua
- Control de procesos

#### SEGREGACIÓN

- Aislar los desechos concentrados de aquellos endebles y poco peligrosos puede reducir el costo de tratamiento.

#### MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE DESECHOS A LARGO PLAZO.

- Cambios en la materia prima
- Cambios en los procesos de producción
- Reciclaje o recuperación en el sitio
- Modificación del productos

#### BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA:

Los beneficios se pueden clasificar de dos tipos, económicos para la empresa y ecológicos para el ambiente, entre los principales tenemos:

- Reducción de las actividades de tratamiento y empaque previas a la eliminación
- Reducción de la cantidad de desechos que se debe tratar, con la posible eliminación de los servicios de tratamiento, almacenamiento y eliminación.
- Reducción de las necesidades de transporte con fines de eliminación

Además de lograr un nivel más bajo de contaminación y de riesgos ambientales, con frecuencia, es una buena propuesta de negocios. El uso más eficiente de los materiales y la optimización de los procesos dan como resultado menos desechos y costos operativos más bajos.

## CAPITULO II. DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN EL SECTOR TEXTIL

### 2.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN EL SECTOR TEXTIL

- Caracterizar los procesos y productos de tintorería y acabado dentro del sector textil, que lleve a determinar los elementos más significativos de trabajo para el desarrollo del manual, teniendo como referencia las necesidades del industrial nacional.

### 2.2 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNOSTICO DEL SECTOR TEXTIL NACIONAL

#### 2.2.1 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO DE EMPRESAS A ESTUDIAR

El sector textil es muy grande y la cadena de producción incluye desde la fabricación y recolección de fibras sintéticas y naturales, hasta la confección de artículos de tela. Teniendo que clasificar aquellas empresas que entre sus procesos productivos poseen el teñido y acabado de textiles. Se decidió trabajar con la mediana y gran empresa, debido a varios factores: la empresa debía poseer la capacidad económica para poder financiar los análisis físico-químicos, tener una producción constante, amplia variedad de subprocesos, estabilidad y capacidad de cumplir compromisos. Estas características son difícilmente localizables en una micro empresa, por esa razón se resolvió trabajar con empresas que emplearan a por lo menos 10 personas.

Se utilizó la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) como primer filtro de determinar el universo; la categoría de trabajo elegida fue la siguiente:

32 Textiles, prendas de vestir e industria del cuero

321 Fabricación de textiles.

3211 Hilado, tejido y acabado de textiles.

Para determinar el número exacto de empresas del universo, se recurrió a la base de datos de la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC) que corresponde a la encuesta económica anual del año 2001. Sin embargo, se encontró la dificultad de que esa base de datos registra empresas que ya no existen y otras no se dedican a la fabricación de productos textiles hilados. A continuación se ejemplifica con tres empresas de la base de datos de DIGESTYC que no se pueden incluir en el universo.

Tabla 2.1 Empresas que no se pueden incluir en el estudio

EMPRESA	DIRECCIÓN	CIIU	MOTIVO
Angelitos S.A. de C.V.	Blvd. Si ham c.13 #15 ciudad	321104	Ya no existe.
Telas Sintéticas de Centroamérica S.A. de C.V.	Calle l-2 boulevard pynsa, zona industrial	321101	Solamente produce telas sintéticas, sin hilar (cortinas para baño, cuero artificial, etc.)
Rayones de El Salvador S.A. de C.V.	Km.11/2 carretera panamericana	321101	Se encuentra dos veces en la base de datos, solo que con diferente nombre.

Por esa razón se recurrió a otras dos bases de datos: las empresas listadas en el directorio industrial 2002 de la Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI). En estas dos fuentes de datos se encontraron casos como los anteriores, y se llegó a determinar el universo de compañías que cumplían con las dos condiciones antes mencionados, a continuación se lista el total de empresas (22), incluyendo su dirección, # de empleados, y la cooperación que brindaron al proyecto.

Tabla 2.2 Lista de empresas que corresponden al universo del estudio

Empresa	Dirección	Empleados	Respondieron encuesta
1. Textufil,S.A. DE C.V.	Final 12 Av. sur contiguo industrias Diana	1851	No
2. Fábrica IUSA	Carretera panamericana Km.11½	860	No
3. FACALCA HILTEX S.A. DE C.V.	Carret.a Sta.Ana s/n km.98	850	No
4. INSINCA S.A. de C.V.	Km.12 1/2.,carretera troncal del norte	700	Si
5. MATEX S.A. DE C.V.	C. nueva y c. Palmira costado sur col. Sta Lucia	368	Si
6. DURAFLEX	C.antigua a Sta.Tecla y 49 av.sur s/n	317	Si
7. HILOSA DE C.V.	Final 4a.Av. nte.	283	No
8. NEMTEX S.A. DE C.V.	C. San Antonio Abad # col. Montefresco	160	No
9. TEXSAL S.A. DE C.V.	Av. Circunvalacion lote 6 y 7 plan de la laguna	72	No
10. POLYFIL,S.A.DE C.V.	Blvd. Pynsa calle I-2 block "c" #13 Cdad. Merliot	67	No
11. Etiquetas Y Cintas Bordadas S.A., DE C.V.	C. I-2 y I-3 # 12-a	60	Si
12. CAINSA DE C.V.	Km. 7 1/2 Blvd. del ejercito nac. 25 mts. al sur	1170	Si
13. Textiles y Derivados S.A. de C.V.	Boulevard pynsa # 26	27	Si
14. Tranzo S.A. DE C.V.	Rpto. 2 de abril, pje. b #132	11	-----
15. TEXTILES S/N ANDRES, S.A. DE	Km.32 carretera a Sta Ana	825	Si
16. Martinez Y Saprissa, S.A. DE C.V.	Av. Irazu y c. Limon, col. costa rica.	120	Si
17. Industrias St.Jack's S.A. DE C.V.	C. Circunvalecion, polig.b, #11	2001	No
18. Creaciones Popeye	Blvd. del ejercito Km. 5 1/2 Soyapango	211	No
19. Fabrica Minerva	C. 5 de noviembre nº 216 s.s.	-----	Si
20. YKK El Salvador	Km. 31 ½ autopista s.s. – s.a.	-----	Si
21. Arca De Noe	Autopista sur	-----	-----
22. Inversiones Merlet S.A. DE C.V.	Calle Circunvalación pol. a #3, urb. ind. la laguna	200	No

## 2.2.2 ELABORACIÓN DEL FORMATO DE ENCUESTA

Después de haber determinado el universo de empresas, se procedió a crear el formato de la encuesta, que fue la forma mediante la cual se conocieron las características de las empresas del sector. Se requería que la encuesta brindara información sobre los parámetros más importantes, para poder caracterizar el sector.

Los parámetros fueron establecidos buscando abarcar la mayor cantidad de subprocesos textiles de acabado en el formato de la encuesta. Con ese fin se consulto diversa bibliografía [Fundación natura, 1991; Hagler BaillyConsulting, Inc., 1995] y se hablo con personas relacionadas con el medio.

Fundamentándose en lo anterior, se determinó que esos parámetros fueran:

- Exportación
- Fuentes de energía que se utilizan.
- Volumen de la producción.
- Políticas de gestión ambiental.
- Mantenimiento.
- Manejo de materiales.
- Desechos.
- Numero de calderas.
- Tipos de subprocesos y agentes utilizados en teñido y acabado.

*Formato de encuesta en Anexo A*

## 2.2.3 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Si bien el universo a estudiar es reducido, se debe tener en cuenta que existen empresas que poseen políticas estrictas en lo que se refiere a brindar información, por lo que se trabajó con una muestra; para determinarla, y según la teoría estadística correspondiente, se acordó que se necesitaba saber si las empresas poseían o no plantas de tratamiento de aguas residuales, se supuso que el

45% de las empresas poseían y el restante 55% no, (el porcentaje tal vez parezca alto, pero hay que tener en cuenta que las microempresas no forman parte del estudio y actualmente el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) está exigiendo la reducción del impacto ambiental provocado por las descargas en cada empresa).

A partir de esa suposición, se utilizó la fórmula siguiente para encontrar el tamaño de la muestra de una población finita [Freund, 1989]. Ver tabla en anexo K

$$n = \frac{Z^2 * N * p * (1-p)}{e^2(N-1) + Z^2 * p * (1-p)}$$

Donde:

z = Limite de confianza

N = Tamaño de la población.

p = Posibilidad de que las empresas encuestadas posean plantas de tratamiento.

e = Error máximo en la estimación.

El límite de confianza se obtiene a partir del grado de confianza. Se estableció un grado de confianza del 90%; al buscar el área bajo la curva normal se obtiene un valor de z de 1.645 [tablas Freund, 1989]; el tamaño de la población es de 22 empresas; como desconocemos la verdadera proporción de empresas que poseen plantas de tratamiento se supone una posibilidad de 0.5 de respuesta afirmativa, al preguntar a la empresa por la presunción; de esta forma se obtiene el producto máximo de  $p*(1-p) = 0.25$  y el error se establece de un 0.2. Teniendo como resultado:

$$n = \frac{1.645^2 * 22 * 0.5 * (1-0.5)}{0.2^2(22-1) + 1.645^2 * 0.5 * (1-0.5)} = 9.814$$

Este valor se aproxima a 10 empresas; es el número de encuestas que se necesitan para afirmar con 90% de confianza y un error de 0.2 que el porcentaje de

empresas catalogadas en la segunda revisión de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) 3211, que tienen más de 10 empleados y que poseen plantas de tratamiento, es del 45%.

#### 2.2.4 PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA EL DESARROLLO DE ENCUESTAS

- Se realizó una llamada telefónica, con el objetivo de explicar el proyecto y conocer si la empresa contaba entre sus subprocesos los de teñido y acabado de textiles.
- Si la respuesta era positiva entonces se pedía concertar una cita con el encargado del área o en su defecto cualquier otro empleado que pudiera brindar información confiable.
- Si no se contaba con el número telefónico de la empresa se buscaba personalmente la empresa para pasar la encuesta.
- Se realizó la encuesta mediante entrevistas a aquellas empresas que llegaron hasta esta fase.
- Se procedió al análisis de la información al tener el número de muestra.

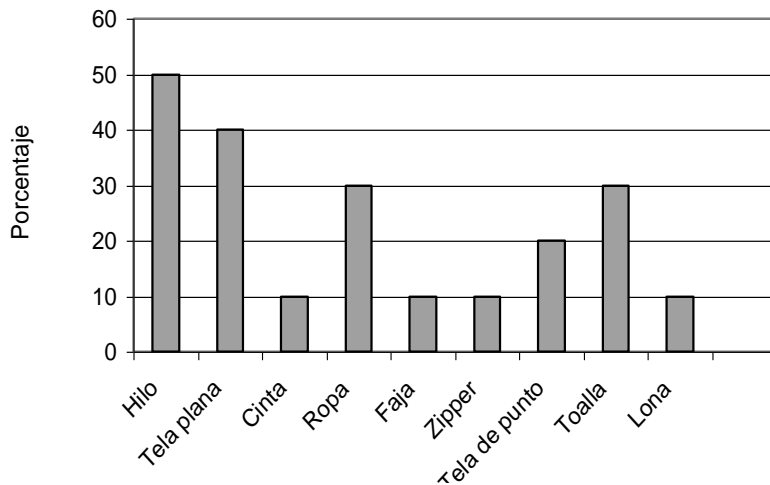
#### 2.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL SECTOR NACIONAL

En los resultados, se presentan casos en donde las empresas poseen más de una condición, por lo que la sumatoria no siempre es igual al 100%. No se presentan los nombres de las empresas para evitar cualquier problema futuro, ya que la información ambiental es muy delicada en nuestro medio.

### 2.3.1 GENERALIDADES DE LAS EMPRESAS

PRODUCTOS: Muestra el porcentaje del sector que fabrica un producto.

Figura 2.1 Productos más importantes

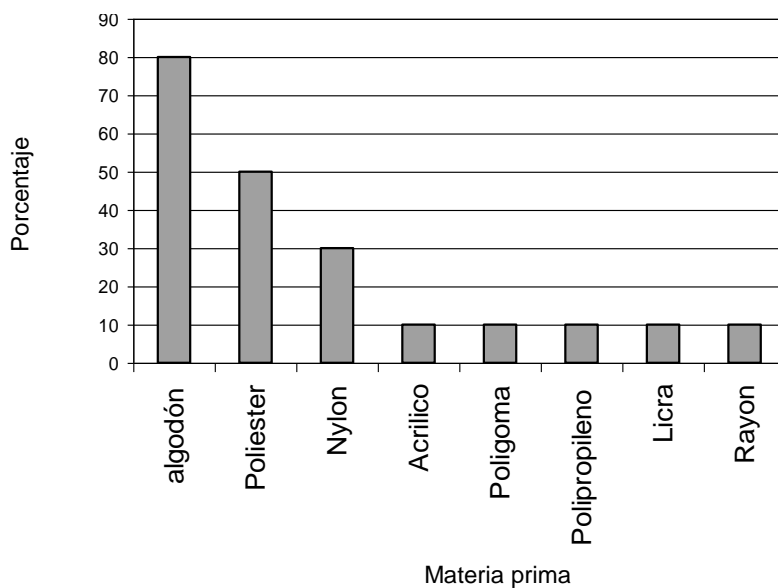


Estos son productos finales, lo que nos indica que hay una gran diversidad de productos, y clientes para estos. Cabe destacar que existe un porcentaje del sector que fabrica ropa de diferente tipo, compitiendo directamente con la maquila.

### MATERIAS PRIMAS

Muestran el porcentaje de tipo de materia prima que utiliza el sector.

Figura 2.2 Insumos más importantes

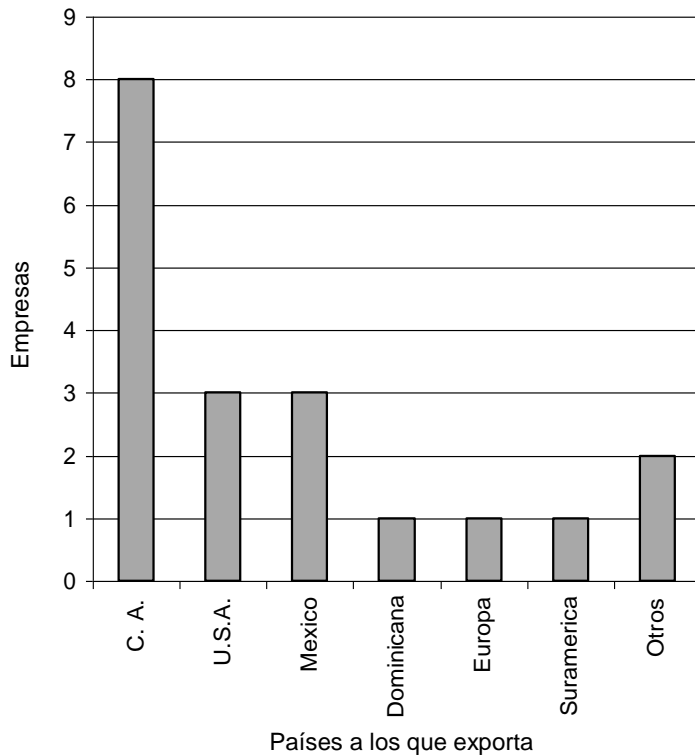


El poliéster y el algodón se presentan como las más importantes. El poliéster raras veces se utiliza en solitario para fabricar prendas de vestir, a pesar de su durabilidad carece de las propiedades que solamente las poseen las fibras naturales.

## EXPORTACIONES

Los resultados muestran hacia donde van dirigidas esas exportaciones.

Figura 2.3 Empresas exportadoras

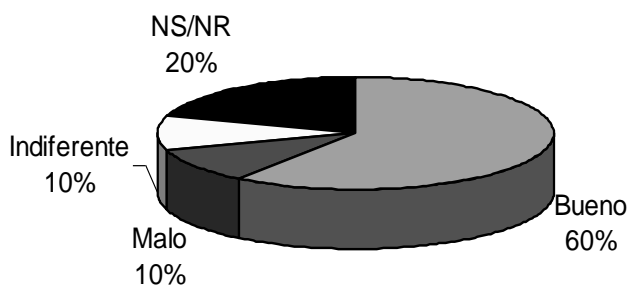


El porcentaje de empresas que exportan es del 80%; de estos, el principal mercado es Centro América, seguido por E.E.U.U. y México; destaca Republica Dominicana, debido al TLC firmado entre C.A. y ese país, los demás destinos son de menor relevancia. También resalta que existen empresas que exportan un 95% o más de su producción.

## TRATADOS DE LIBRE COMERCIO

Muestran el punto de vista de las consecuencias que traen los T.L.C.'s

Figura 2.4 TLC's para el sector



Los resultados demuestran que el empresario tiene confianza de que al abrirse nuevos mercados tendrán más posibilidades de colocar sus productos ante nuevos consumidores. Esta pregunta se hizo necesaria debido a la proximidad del acuerdo

sobre libre comercio con E.E.U.U., y para conocer las consecuencias de los firmados anteriormente con países como México y República Dominicana.

### 2.3.2 TIPO DE ENERGÍA QUE SE UTILIZA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

Tabla 2.3 Fuentes de energía más comunes en las empresas textiles

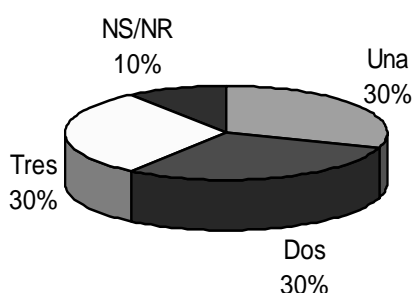
FUENTE	% SI	% NO	OBSERVACIÓN
Diesel	20	80	Este valor puede ser engañoso, pues a pesar de ser alto, solamente se utiliza en pequeñas cantidades dentro del proceso.
Petrolero/bunker/fuel oil	80	20	Usualmente son destinados para ser combustibles de la caldera, debido a su menor costo.
Gas propano	20	80	Se utiliza más que todo en los procesos de chamuscado de la tela.
Gas butano	10	90	Los resultados muestran el porcentaje de empresas que utilizan el gas butano como combustible.

Se encontró además que la totalidad del sector trabaja con vapor, esto muestra la relevancia que tiene este medio de transporte de energía para el sector, teniendo que ser un elemento a tomar siempre en cuenta.

### 2.3.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

CALDERAS: Muestra el número de calderas utilizadas en cada empresa

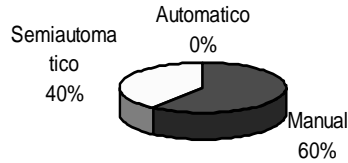
Figura 2.5 Uso de calderas



Las calderas son utilizadas para brindar calor a procesos que lo necesitan, a través de la generación de vapor, u otros líquidos térmicos; generalmente se utilizan combustibles poco refinados del petróleo para su operación, debido a su bajo costo. El hecho de no tener una respuesta negativa en esta sección coincide con los resultados encontrados en la sección de energía.

**MANEJO DE MATERIALES:** Se refiere al transporte dentro de la planta

Figura 2.6 Transporte de materiales

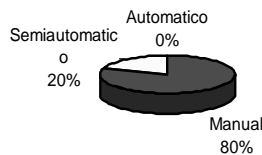


Se puede apreciar que en el país la mayoría de empresas solamente alcanzan a tener un sistema manual, lo que da una muestra de la falta de tecnología apropiada en nuestro medio. Esta pregunta se considera

importante debido a que en la construcción del manual será de vital importancia conocer las formas en las cuales trabaja el sector y su desarrollo tecnológico.

**MANEJO DE MATERIA PRIMA:** Muestran el manejo de materiales en bodega.

Figura 2.7 Manejo de materia prima

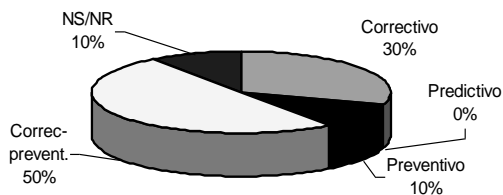


Se puede observar una caída en el porcentaje de empresas que dicen tener un manejo semiautomático de sus materiales en la bodega respecto de las respuestas de la sección anterior; el porcentaje de

empresas que utilizan medios manuales es abrumador, muy posiblemente por la naturaleza de los materiales a transportar (polvos y líquidos). Este indicador nos brinda información importante debido a las razones expuestas en el párrafo anterior.

**MANTENIMIENTO:** Tipos de programas más utilizados

Figura 2.8 Tipos de mantenimiento



Se puede observar la misma tendencia observada en las preguntas anteriores, ya que no es la mejor opción la que posee el mayor porcentaje, y es nuevamente un híbrido el que resulta como el método más

utilizado para el mantenimiento, nuevamente al igual que en el caso anterior en la categoría de correctivo-preventivo se incluyen aquellas respuestas del tipo % correctivo y % preventivo.

PLANTAS DE TRATAMIENTO: Muestra los agentes/tipos que se utilizan en las plantas de tratamiento, si es que poseen.

Figura 2.9 Plantas de tratamiento

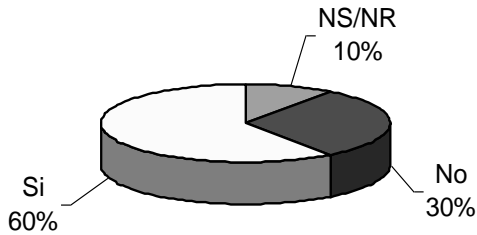
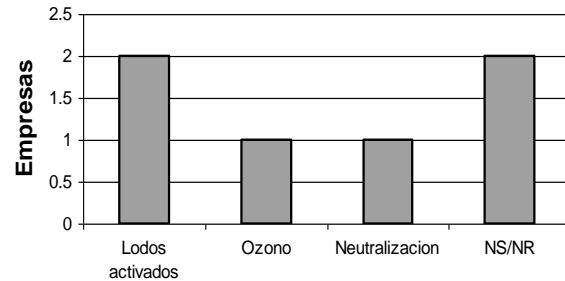


Figura 2.10 Tipo de planta de tratamiento



Se obtuvieron respuestas afirmativas al preguntar sobre la existencia de políticas ambientales; pero las respuestas sobre el tipo de políticas, no fueron las esperadas, pues al describirla se mencionaron acciones aisladas que no constituyen una política ambiental. Esto se puede atribuir a dos posibles causas, la primera es que en nuestro país no está bien definido el concepto de política ambiental, la segunda es que posiblemente los entrevistados no quisieron aceptar la inexistencia de políticas ambientales en sus empresas.

Los datos mostrados para las plantas de tratamiento surgen tabulando los datos de las respuestas de la pregunta #15, en donde los entrevistados mencionan la existencia de las plantas de tratamiento como una política ambiental.

### 2.3.4 SUB-PROCESOS MÁS UTILIZADOS

ENGOMADO: Muestra la proporción de empresas que poseen el subproceso de engomado y los agentes que se utilizan para ese fin.

Figura 2.11 Empresas que utilizan engomado

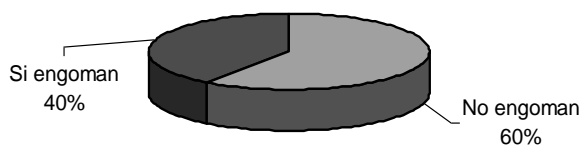
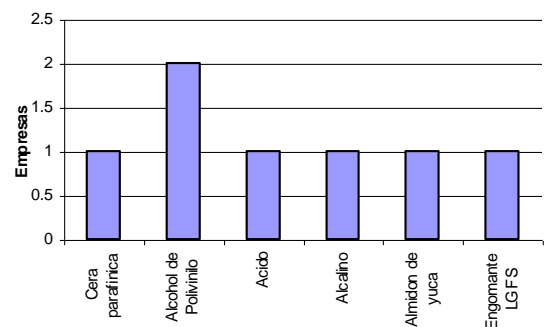


Figura 2.12 Agentes engomantes utilizados



Las empresas que poseen tejido son las que utilizan el engomado, debido a que es indispensable que los hilos de urdimbre sean capaces de resistir las tensiones a las que son expuestos durante el tejido; las empresas que no lo poseen, obtienen la tela cruda como materia prima o elabora un producto que no necesita del engomado, como el tejido de punto. La amplia variedad de agentes utilizados para el engomado indica que cada empresa trabaja con los agentes que más se ajustan a sus productos.

**DESENGOMADO:** Muestra la proporción de empresas que poseen el subproceso de desengomado y los agentes que se utilizan para ese fin.

Figura 2.13 Empresas que utilizan desengomado

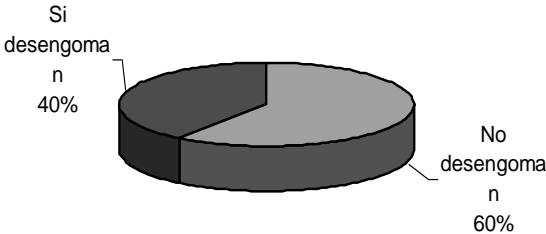
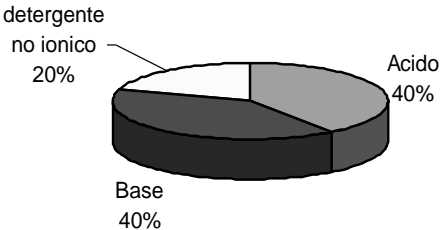


Figura 2.14 Agentes desengomantes utilizados



Se puede apreciar en esta sección que los agentes utilizados para desengomar se presentan en una menor variedad que los agentes para engomar, siendo los agentes básicos y ácidos los más utilizados.

**DESCRUDE:** Muestra las empresas que poseen el subprocesos de descruce y si lo realizan en un mismo subproceso con el blanqueo.

Figura 2.15 Empresas que utilizan descruce

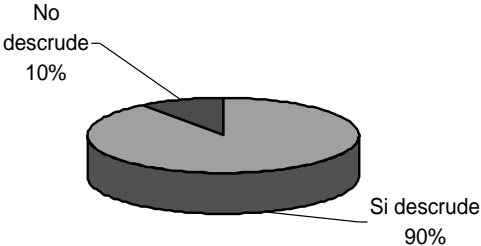
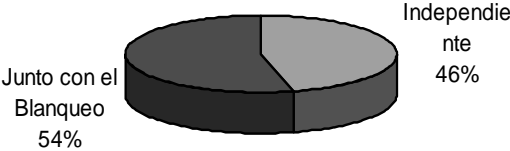


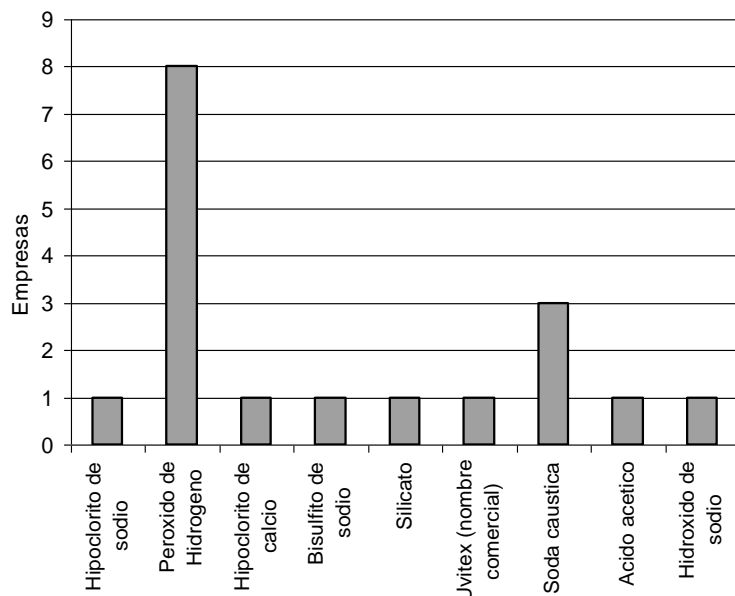
Figura 2.16 Tipos de descruce



El descrude es realizado por casi la totalidad del sector. De estos, un poco mas de la mitad lo realiza junto al blanqueo en una misma operación. Esta opción mayoritaria se ve desde ahora como la preferible ya que se realizan dos procesos en uno.

**BLANQUEO:** Muestra los agentes comúnmente utilizados en el blanqueo.

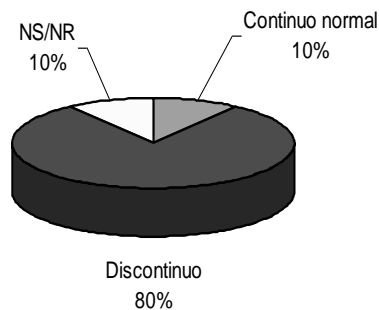
Figura 2.17 Agentes blanqueadores



En esta sección se observa que el agente mayormente utilizado para los procesos de blanqueo es el peroxido de hidrógeno, y que además de este, son utilizadas una gran variedad de otros agentes; hay que agregar que en esta sección se incluyó el blanqueo óptico, que se puede ver como teñir de color blanco el género.

**TEÑIDO:** Muestra la proporción de empresas que tiñen sus productos de forma continua o discontinua, mencionando sus posibles variantes.

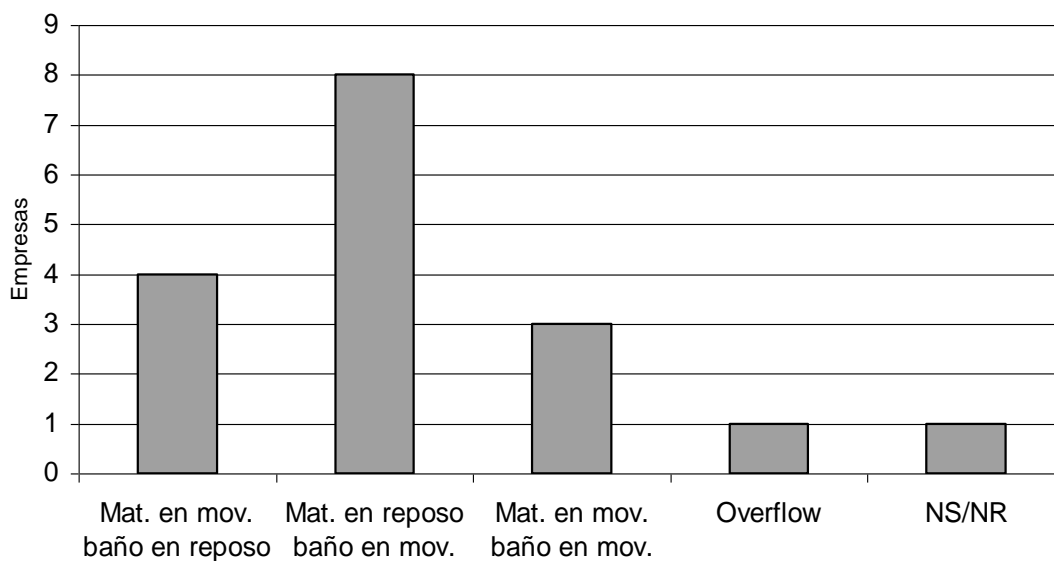
Figura 2.18 Tipo de teñido



En la sección de teñido el 80% utiliza procesos discontinuos, y dentro de estos, el método material en reposo y el baño en movimiento es el que más aplicación posee en la industria (de este tipo son las maquinas autoclave para hilos),

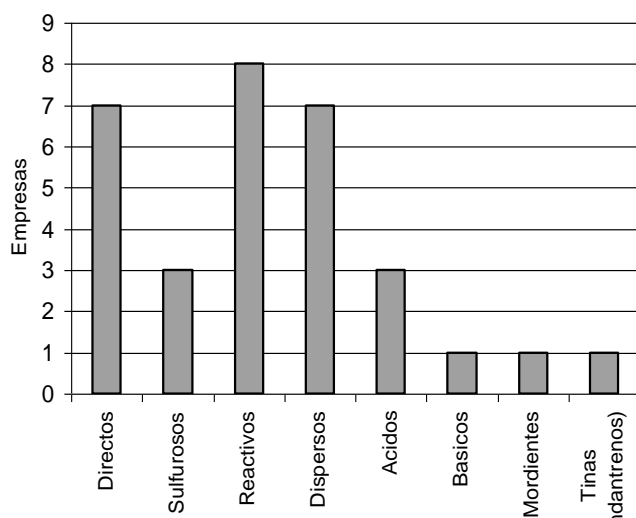
al parecer los procesos continuos no son muy utilizados para teñir, debido a la variedad de colores y tipos de colorantes que se pueden emplear.

Figura 2.19 Tipos de teñidos discontinuos



COLORANTES: Muestra los tipos de colorantes más utilizados por la industria.

Figura 2.20 Tipos de colorantes



Los colorantes dispersos, reactivos y directos son el grupo más utilizado. Esto demuestra la variabilidad de los procesos de teñido, cada empresa utiliza los colorantes que mejor responden a sus necesidades, dependiendo de sus materias primas, sus procesos productivos, sus posibilidades económicas y la calidad que desea en sus productos.

ESTAMPADO: Muestran la proporción de empresas que estampan sus productos, además de sus variantes.

Figura 2.21 Empresas con estampado

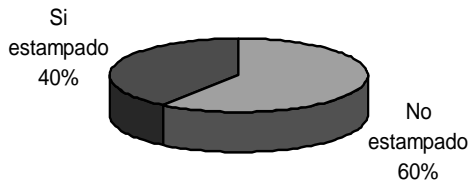
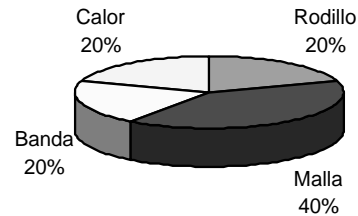


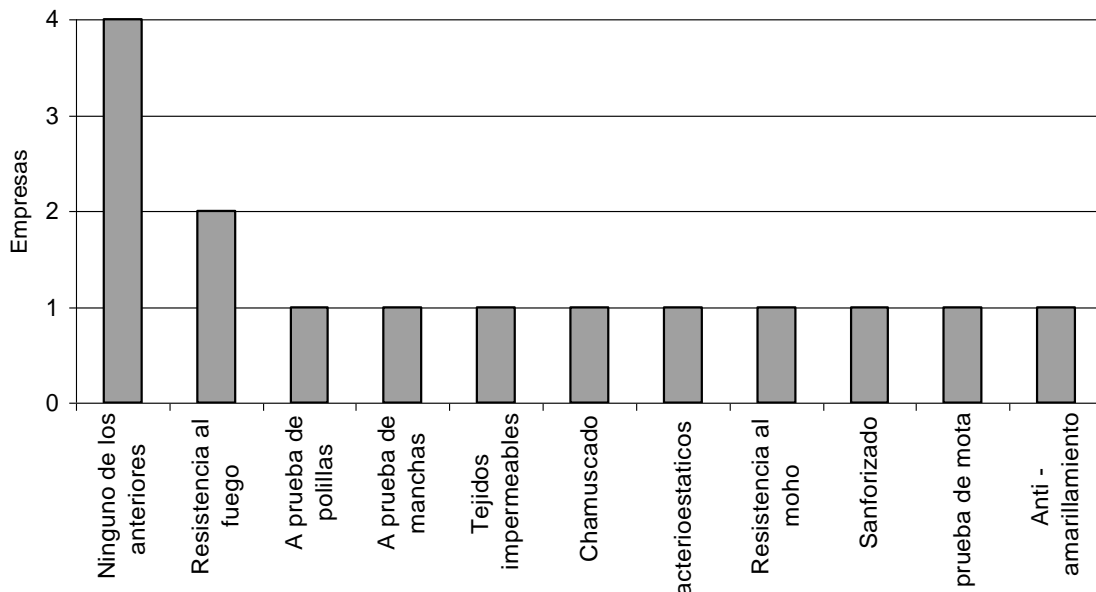
Figura 2.22 Tipos de estampados



La mayoría de empresas no poseen estampado. En las que si lo poseen, no existe un método dominante, aunque el estampado por malla duplica el porcentaje de utilización del resto de métodos. Se puede deber a que en nuestro medio existe un sector dedicado exclusivamente al estampado de géneros (serigrafía).

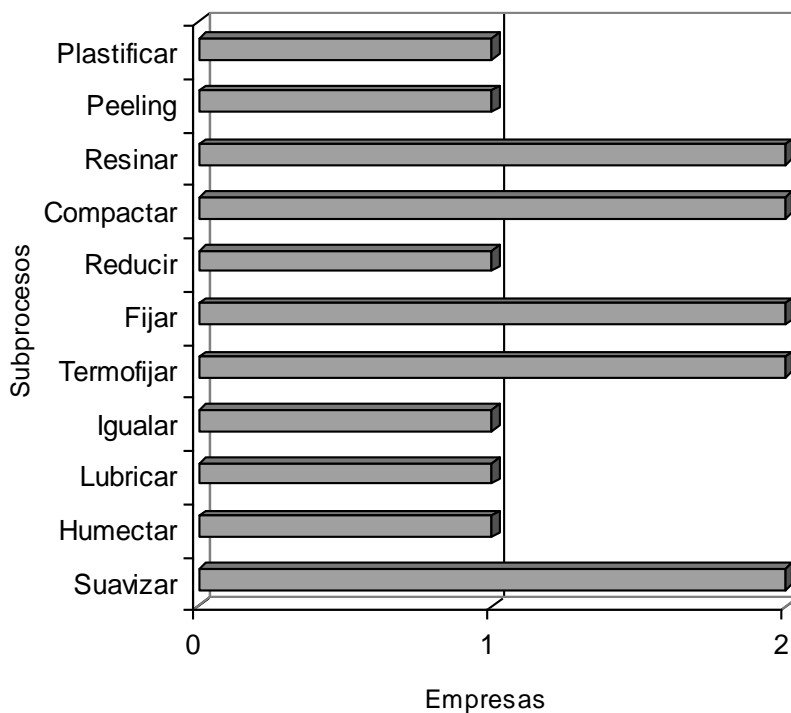
ACABADO: Muestra los tipos de acabados más comunes en la industria. Se puede apreciar que son muy variados, y prácticamente cada empresa posee sus propios subprocesos de acabado, esto se puede explicar a la amplia variedad de productos terminados, colorantes y demás factores que entran en juego al momento de decidir el aplicar un acabado al producto.

Figura 2.23 Tipo de acabado funcional



## OTROS PROCESOS ENCONTRADOS EN LA INDUSTRIA

Figura 2.24 Sub-procesos textiles



Se puede apreciar que existe una gran cantidad de subprocesos para los productos textiles, este resultado junto con otros como los colorantes utilizados, subprocesos de acabado y blanqueo nos muestra que debido a la amplia variedad de productos y métodos de elaboración el sector es bastante heterogéneo especialmente en los aspectos anteriormente mencionados.

### 2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL

Para mostrar de forma más aprovechable los resultados de las encuestas, se dividieron en dos tipos; aquellos que tienen que ver con la empresa en sus aspectos generales y los que muestran las formas en las que el sector procesa sus materias primas hasta llegar a convertirse en productos terminados. Sin embargo, se tomaron ambos para la selección de las condiciones más comunes de trabajo.

Los aspectos a tomar en cuenta en el primer tipo de resultados son: Producto, Materias Primas, Exportaciones, Manejo de materiales dentro de la planta, Manejo de materiales dentro de la bodega, Mantenimiento y Plantas de tratamiento.

Se determinaron dos sub-sectores, que representan las condiciones de cada una de las características más coincidas en las empresas, teniendo en cuenta los resultados de la encuesta.

En la tabla 2.4 se describen los aspectos generales de operación que deberían de cumplir las empresas seleccionadas para el estudio; sin embargo, los productos y materias primas utilizadas en el sector no están subordinados, debido a que se pueden dar combinaciones entre ellos.

Es de hacer notar que en la tabla existen datos de empresas que fabrican más de un producto, por lo que los porcentajes mostrados no necesariamente tendrían que sumar 100 %.

Tabla 2.4 Caracterización de las condiciones generales

ASPECTO / PRINC. VAR.	SUB-SECTOR 1	%	SUB-SECTOR 2	%
Producto	Hilo	50	Tela plana	40
Materias primas	Algodón	80	Poliéster	50
Exportaciones	Centroamérica	50	C.A. y otros	50
Mantenimiento	Correctivo-preventivo	50	Correctivo	30
Manejo de Materia prima	Manual	80	Semi-automático	20
Manejo de materiales	Manual	60	Semi-automático	40
Planta de tratamiento	No	60	Si	30

Los resultados de la encuesta realizada para el sector de acabado de textiles muestran una gran variedad de procesos por empresa, que implica que no se pueden agrupar por sector. Concluyéndose que la forma óptima de selección es por CONDICIÓN. Consiste en agrupar los procesos más comunes de trabajo en las compañías, de tal manera que las empresas prototipo deban de cumplir con las condiciones expuestas en la tabla 2.5, para tener el escenario del sector, teniendo la opción de cruzar la información resultante.

Se debe tener en cuenta que los porcentajes presentados, tienen como referencia el universo de empresas que si poseen esa característica y no el universo de trabajo inicial (22 empresas).

La tercera condición empresa muestra varias casillas con la característica “no es distintivo”. Significa que la condición no es dominada por una sola característica, sino que existen varias con el mismo valor, que al mismo tiempo presentan el porcentaje final pequeño para poder ser representativo.

Tabla 2.5 Caracterización de los procesos húmedos

OPERACIÓN	CONDICIÓN 1	%	CONDICIÓN 2	%	CONDICIÓN 3	%
Engomado	No posee	60	Alcohol de polivinilo	12	No es distintivo	
Desengomado	No posee	60	Ácido	16	Base	16
Descrude	Junto con blanqueo	49	Independiente	41	No es distintivo	
Blanqueo	Peroxido de H	43	Soda cáustica	16	No es distintivo	
Teñido	Mat rep baño mov	37	Mat mov baño rep	19	Mat mov baño mov	14
Colorantes	Reactivos	25	Dispersos	23	Directos	23
Estampado	No posee	60	Malla	16	No es distintivo	
Acabado	Ninguno	30	Resistencia a fuego	14	No es distintivo	

Una vez definidas las características generales del sector, así como los subprocesos más frecuentemente utilizados (estos deben de estar presentes en las empresas prototipo), se abordó la tarea de iniciar el trabajo en dichas empresas.

En este punto del estudio se puede concluir que: la cantidad de subprocesos de producción en el sector estudiado es alta. Esto obliga a realizar un manual el cual tendrá la suficiente flexibilidad para poder adaptarse a esta característica de bifurcación del medio.

Por otra parte ya que la mayor parte del sector posee clientes extranjeros, el sector debe de lograr ser competitivo, porque entre sus metas debe tener el ampliar su participación en esos mercados foráneos, y la eficiencia que le proporcionarán aplicar las medidas de PML auxiliara al sector en la búsqueda de este cometido.

A juzgar por las reacciones encontradas durante el contacto con las compañías del sector existe un alto porcentaje que no consideran los proyectos estudiantiles universitarios como un apoyo sino como una medida filantrópica.

Este capítulo presento el aspecto actual del sector, brindando los modelos a los cuales se pueden asociar las demás empresas dedicadas al teñido y acabado de textiles, información imprescindible para legitimar el trabajo realizado en las empresas prototipo, el cual se presenta en el siguiente capítulo; pero los hallazgos encontrados (presentados a lo largo del capítulo) serán de suma importancia para poder darle la dirección correcta al manual de aplicación.

## 2.5 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LAS EMPRESAS PROTOTIPO

Se seleccionaron dos empresas para el desarrollo del estudio. Por los aspectos de confidencialidad y competencia con las empresas, se acordó no mencionar ciertos aspectos internos de la institución: nombre de la empresa, tipo de colorantes y químicos auxiliares. Para identificar cada una de las empresas, se les designó como Empresa 1 y Empresa 2.

La Evaluación Preliminar es un análisis inicial de los métodos de producción de una empresa, con el objetivo de descubrir impactos ambientales significativos y la existencia de potencial en la empresa para la puesta en marcha de un programa de Producción Más Limpia, a través de una evaluación más detallada.

Además de recolectar información de los procesos, también se investigó sobre los datos generales de la empresa, junto con políticas ambientales que tiene la institución, la seguridad e higiene de la empresa, la administración energética, el manejo de insumos, la estimación de áreas potenciales de mejora indicada por la empresa, la forma de almacenamiento y manejo del inventario, además del suministro de energía, tanto térmico como de aire comprimido.

La calidad de la información obtenida en esta etapa, en su mayoría es subjetiva y cualitativa, porque depende en gran manera de los datos proporcionados por el empresario, sumado a la opinión del entrevistador. Por lo que se dejó una reserva de cambio en la elaboración del balance de materia.

Para facilitar la recolección de información necesaria en cada empresa, se elaboró un formato de trabajo, basado en el desarrollado por la Universidad de Ciencias Aplicadas de Basilea y el Centro Nacional de Producción Más Limpia, modificado en su forma y contenido para obtener información específica que se consideró necesaria para este estudio. (*Ver Anexo B*)

### ELEMENTOS DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR:

1. Ficha de la empresa
2. Descripción general
3. Descripción de los procesos de producción
4. Diagramas de flujo de proceso

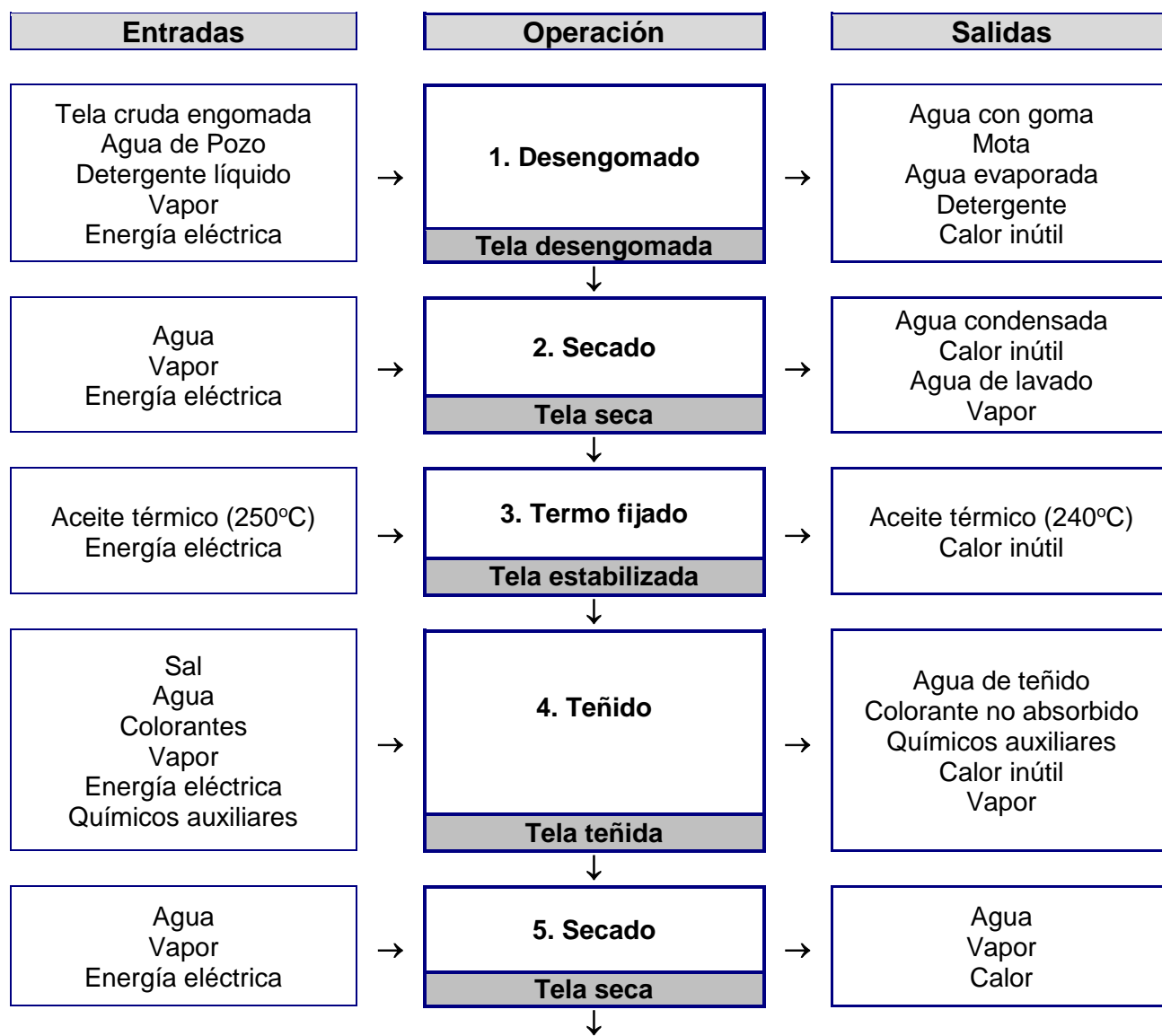
## 2.5.1 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA EMPRESA 1

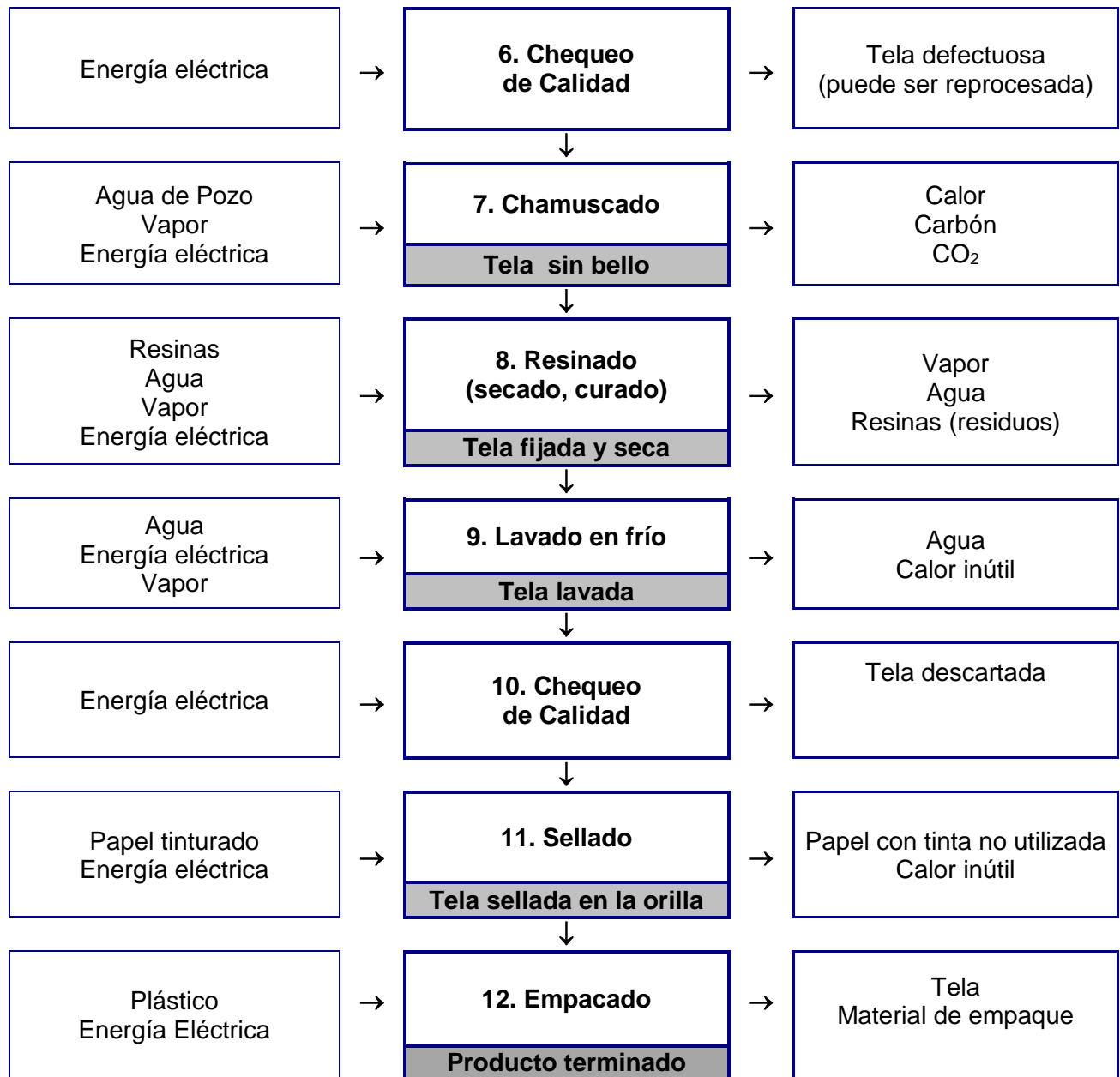
Tabla 2.6 Ficha de la empresa 1

<b>Nombre de empresa</b>	Empresa 1			
<b>Persona de contacto</b>	Jefe de tintorería	<b>Año de fundación</b>	-	
<b>Dirección</b>	-			
<b>Teléfono</b>	-	<b>Fax</b>	-	
<b>Giro de empresa</b>	Tintorería y acabado de telas (Planta a incluir dentro del estudio)			
<b>Empleados</b>	<b>Administración</b>	6	<b>No. de mujeres</b>	2
	<b>Producción</b>	47	<b>No. de mujeres</b>	1
	<b>Total</b>	53	<b>% de mujeres</b>	5.7 %
<b>Productos/Servicios</b>	Tela e hilo teñido			
<b>Producción</b>	<b>Producto</b>	<b>Prod. Mensual</b>		
	Hilo sintético para coser en títulos 70/2 (55081010)	-		
	Tejido sintético de mezcla polyester / Rayón en construcción plana tipo lino, bonel y twill	470,000 yardas		
<b>Mercado/clientes más importantes</b>	Centro América, Panamá, México, Republica Dominicana, Holanda, Alemania, Inglaterra			
<b>Materias primas principales</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Consumo mensual</b>		
	Tela cruda	125,701 kg		
	Colorantes directos	684 kg		
	Colorantes reactivos	115 kg		
	Tintas	2,195 kg		
	Resinas	6,650 kg		
	Químicos auxiliares	12,561 kg		
	Colorantes dispersos	1,392 kg		
<b>Desechos principales</b>	<b>Desecho generado</b>	<b>Cantidad mensual</b>	<b>Disposición final</b>	
	Aguas servidas	20,506 m <sup>3</sup>	Planta de tratamiento	
	Resinas	1,662 kg.	Planta de tratamiento	
	Gomas-Aprestos	3,335 kg.	Planta de tratamiento	
	Tintas	281 kg.	Planta de tratamiento	
	Evaporación	854 m <sup>3</sup>	Se pierde en el ambiente	
	Químicos Auxiliares	12,561 kg.	Planta de tratamiento	
	Tintas dispersas	69 kg.	Planta de tratamiento	
	Tintas directas	171 kg.	Planta de tratamiento	
	Tintas reactivas	40 kg.	Planta de tratamiento	
	Condensado	1168 Tn.M	Se pierde en el ambiente	
	Vapor	1 Tn.M	Se pierde en el ambiente	
	Tiras de tela	195 kg.	Se venden como retazos	
<b>Consumo de agua</b>	<b>Consumo</b>	21,360 m <sup>3</sup>	<b>Costo (\$)</b>	1,709
	<b>Fuente de suministro</b>	Pozo de ANDA		
<b>Consumo de energía</b>	<b>Tipo de energía</b>	<b>Consumo mensual</b>	<b>Costo (\$/mes)</b>	
	Eléctrica	178,357 kW-h	17,836	
	Gas butano	10 kilolitros	2,992	
	Diesel	9 kilolitros	3,686	
	Vapor	2,050 Ton M.	29,520	

De la ficha general se puede apreciar que a pesar del gran consumo de agua mensual necesaria, no representa el mayor costo por insumo en la empresa 1, que recae en la generación de vapor para tintorería, que además trae consigo el consumo de petróleo. Junto a este, también tiene importancia el consumo eléctrico. Por lo que en primera observación se puede determinar que la importancia para la empresa es optimizar los procesos que requieren calor y disminuir el tiempo de proceso, para disminuir el consumo eléctrico.

Figura 2.25 Diagramas de flujo de proceso en la empresa 1





NOTA: En esta etapa solamente se muestran las características de los procesos de la planta, los resultados del análisis preliminar se muestran en el siguiente capítulo.

## 2.5.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN LA EMPRESA 1

### DESENGOMADO

Las piezas de tela llegan desde tejeduría en un promedio de 60 piezas por coche. El primer proceso lo realiza una operaria en una rana de dos hilos, que se encarga de unir las 60 piezas; por lo general se agrega un pedazo de tela de 7 pulgadas de largo en promedio por cada 10 piezas, para indicar el número de piezas por teñido a realizar.

Los coches que contienen las piezas cosidas son llevados a la entrada de la desengomadora, donde la pieza de inicio del coche es cosida con una rana de dos hilos por el operario al final de la última pieza del coche anterior.

Al inicio del día, al comenzar la preparación se descargan todas las cubas, posteriormente se llenan con agua fresca y se le inyecta vapor a las cuatro primeras cubas, hasta que alcancen las temperaturas requeridas, finalmente se le agrega a la primera cuba el detergente de inicio y se procede con el desengomado. La última tela al final de la jornada de trabajo que queda en la desengomadora es una tela guía, que facilita el inicio del proceso el siguiente día, dicha tela no esta engomada y tiene una longitud de 56 yardas, que es la longitud necesaria para recorrer la máquina.

Al entrar la tela a la desengomadora, pasa por unos aspiradores que retiran la mayoría de la mota, luego pasa por cinco cubas a diferentes temperaturas en decremento, cada cuba tiene cilindros y vibros (cilindros con orificios de diferentes dimensiones que giran en sentidos opuestos para generar turbulencia), permitiendo así que el agua entre por la tela para poder removerle toda la goma que la tela trae. Cada cuba se encuentra en continua carga y descarga de agua, para minimizar la concentración de goma en el agua, además, por las altas temperaturas de trabajo en las cubas se genera una evaporación, por lo cual agrega agua constantemente.

Al salir la tela de la última cuba, es humedecida por un aspersor y pasa por dos rodillos que retienen el exceso de agua, finalmente la tela cae en un coche, donde se le aplica la prueba respectiva para verificar que la goma ya no este en la tela, en caso que la prueba de negativa, se vuelve a pasar la tela por el mismo proceso.

## TERMOFIJADO

En este proceso la tela se transporta por medio de cinco recámaras a temperatura de 200°C por un tiempo de 12 a 15 segundos para estabilizar la tela y evitar arrugas. El vapor generado en las calderas calienta el aceite térmico a 250°C, el cual a su vez se encarga de calentar el aire utilizado en este proceso. Los flujos de aire oscilan entre 180°C y 200°C. Este proceso se encarga de regular el color de la tela para uniformizarla, estabiliza el poliéster para que no existan deformaciones. Cuando la temperatura del aceite térmico es de 240°C, regresa a la caldera y mantiene una continua recirculación para mantener la temperatura adecuada.

## TEÑIDO DE POLIÉSTER EN JET'S

Para la realización del teñido de poliéster, se cuentan con dos tipos de máquinas para realizar el proceso; ambas son autoclaves, que se diferencian por las condiciones de manejo y concentración de materiales a utilizar, sin embargo, el proceso interno de teñido es similar. La capacidad de teñido de ambas jets es el mismo, sin embargo, la jet horizontal requiere del doble del volumen de agua. Así mismo, se requiere de mayor cantidad de colorantes y químicos auxiliares para obtener el mismo color en la jet horizontal, por lo que estas se utilizan solamente para pedidos pequeños y para colores especiales.

**JET HORIZONTAL:** Son capaces de teñir todos los tipos de telas, generalmente solo son utilizadas para teñir poliéster. Están compuestas básicamente de un tanque presurizado en el cual circulan dos cuerdas de tela que circulan y se empapan en el baño de tinte que existe en el fondo del tanque, todos los demás dispositivos complementarios (bomba de circulación, intercambiador de calor, tanque de entrada para colorantes y químicos auxiliares, bomba de adición de colorantes y químicos auxiliares, motores y carrete para hilos) se encuentran en el exterior.

**JET TUBULAR:** Pueden distinguirse 2 sub-grupos que son determinados por el grado de automatización que tienen: Las Jets 6 y 7 tienen la característica de control de entrada de vapor y agua de enfriamiento de forma manual, estando el control definido por la experiencia del operario. Son capaces de teñir todos los tipos de telas, generalmente solo son utilizadas para teñir poliéster. Las Jets 8 y 9 son las

máquinas más eficientes de la empresa, poseen un panel de control electrónico, en el que están definidos diferentes programas, para cada proceso que se quiera realizar, teniendo la entrada de vapor y agua de enfriamiento controlada por electroválvulas. Estas máquinas se utilizan para el teñido de poliéster y el teñido de poliéster-rayón, por el alto grado de control de las condiciones internas.

Procedimiento para el teñido de poliéster:

Para introducir la tela al tanque, se activa el carrete que se encuentra dentro del tanque para que gire y hale la tela hacia adentro. Una vez la tela se encuentra adentro, se cosen los extremos en una máquina rana, para formar una cuerda sin fin.

Luego comienza el proceso de calentamiento por medio de vapor. Durante el calentamiento el operario agrega el contenido de los químicos en el tanque de adición; cuando el tanque alcanza la temperatura adecuada, se activa la bomba que agrega la mezcla al tanque, luego realiza el mismo procedimiento con los colorantes. El proceso de calentamiento continúa hasta llegar a la temperatura máxima (regularmente 135° C), en esta etapa el intercambio de calor con el vapor es mínimo, y solo se realiza para mantener la temperatura.

Se realiza el enfriamiento, en este el intercambiador empieza a transferir calor entre el agua del tanque y el agua fresca, ésta última sale caliente del proceso y no se descarta totalmente, sino que se guarda en una cisterna de agua caliente. Al bajar la temperatura hasta el valor esperado, se abre la válvula del desagüe, y la puerta del tanque presurizado, se vacía totalmente y luego se vuelve a llenar para el lavado. Al finalizar se procede a cerrar completamente ambas válvulas (entrada y salida), y a sacar la tela, se remueve con la ayuda del carrete exterior, se coloca en un coche para luego ser llevado a secado. El agua que resta en el tanque se utilizará para el producto a teñir en otro proceso.

Procedimiento para el teñido de poliéster-rayón:

El proceso de teñido de poliéster-rayón es similar al teñido de rayón, teniendo los 90°C, se ingresan los químicos auxiliares, se agregan los colorantes, se mantiene la temperatura por media hora, luego se enfría hasta los 75° C.

Se extrae un trozo de tela, para una prueba de calidad, dándose la aprobación, se vacía el compartimiento. Se llena y se da un enjuague en frío por 5 minutos, se

vuelve a vaciar el compartimiento, se llena y se hace un nuevo enjuague en frío por 5 minutos, se extrae la tela de la máquina en carretillas para poder pasar al proceso de secado y el agua restante de la recámara se utiliza para el siguiente proceso. Este proceso únicamente se realiza en las Jet´s 8 y 9.

### TEÑIDO DE RAYÓN EN JIGGER

Después de cargar la tela se procede a la selección del programa dependiendo del tipo de teñido y se deja en automático. El programa se encarga de llenar la máquina con una válvula de alimentación de agua, posteriormente se calienta el agua con vapor, el cual pasa a través de un serpentín. Al llegar a la temperatura requerida se suspende el vapor de inyección. El vapor de calentamiento es continuo durante el proceso para mantener la temperatura del baño.

En la primera fase de la operación, se realizan cinco pasadas, cada pasada indica que la tela pasa de un cilindro al otro, al inicio de la primera pasada se agregan los químicos auxiliares y la primera mitad de los colorantes, al final de la primera pasada se añade la última mitad de los colorantes. Al finalizar las cinco pasadas deja de pasar vapor de calentamiento y el operador pasa el control de la máquina de automático a manual. El operador corta un pedazo pequeño de tela para verificar la tonalidad de la tela y drena la máquina.

En la segunda fase del teñido, que es el lavado, se activan las dos válvulas de alimentación de agua y al alcanzar cierto nivel, comienza a drenar la máquina nuevamente sin cerrar las válvulas de llenado. Este lavado finaliza cuando la tela deja de sangrar, el sangrado indica que la tela desprende gran cantidad de colorantes, que es aproximadamente una hora. Cuando el agua esta clara, se drena toda el agua. Luego se activan las válvulas de llenado de alimentación de agua y cuando el nivel del agua alcanza cierto nivel estimado por el operario, se activa el drenaje para darle el último lavado a la tela, mientras la máquina está llenando y drenando, el operario comienza a sacar la tela de la máquina, se cierran las válvulas de llenado y el drenaje se desactiva al vaciarse la máquina. Durante el último lavado se saca la tela de la máquina y esta arrastra cierta cantidad de agua, considerada como agua de arrastre.

## RESINADO

Las resinas son compuestos plásticos que proporcionan cuerpo, dureza y suavidad a la tela. Corresponde al acabado funcional del producto.

Debido a que la máquina está diseñada para trabajar en forma continua, al terminar de procesar el lote, se coloca una tela guía, que recorre desde el inicio de la máquina hasta el final, para que se facilite el inicio del proceso. Cuando se va a introducir una nueva pieza de tela se cose a la tela guía dejada por el lote anterior.

La vida útil de las resinas es limitada, por lo que la cantidad preparada no se alcanzan a consumir, dentro del término de vida que poseen deben ser eliminadas. Antes de realizar la eliminación son neutralizadas con un ácido.

La receta de resinas se prepara en el almacén, esto consiste en pesar los ingredientes, y mezclarlos en el depósito donde se le agrega agua hasta alcanzar los 300 litros. En la primera receta se preparan 320 litros, debido a que el tanque que contiene la resina tiene un espacio correspondiente a 20 litros que no pueden consumirse.

La resina es bombeada hasta la máquina, donde es depositada en un compartimiento de paso, en donde se introduce en las cubas de la resinadora. Este último procedimiento se realiza manualmente abriendo una válvula, por la cual y debido a la acción de la gravedad las resinas caen a las cubas.

La tela es pasada por las dos cubas recibiendo dos baños de resina, inmediatamente después de salir de cada una de las cubas es exprimida por dos cilindros de hule. La tela circula gracias a un sistema de rodillos que además de halarla le imprimen cierta tensión.

En su recorrido el siguiente subproceso que experimenta la tela es el horneado en el precalentamiento, para luego salir al exterior y entrar al horno principal. Ambos funcionan de la siguiente forma: un ventilador hace que el aire circule y pase por las tuberías de vapor, ganando calor para después llegar a la tela y secarla, descargando parte del calor que contiene.

## CHAMUSCADO

La tela entra al horno y se hace correr en forma automática a pocos centímetros de una llama que no tiene mucho volumen provocada con gas butano a 1200°C, la cual se encarga de eliminar la pelusa. El vello que posee la tela depende de que tan rizado y separado esté el hilo. Una tela puede pasar hasta 3 veces por el proceso.

## INSPECCION

Se utiliza una máquina de seguimiento de tela. Al comenzar el contador de yardaje, este se pone a cero manualmente. Al llegar al yardaje establecido, se para la máquina, con una tijera se rasga la tela aproximadamente 15 centímetros para indicar el final de esa pieza, se le coloca el número de pieza a la tela buena y se anota el valor del contador de yardaje y la clase de la tela en una hoja, la clase de tela puede ser A, BS', C ó D (la clase A es la tela de 100% calidad, las demás clases indican que poseen cierto grado de defectos), se pone el contador de yardaje a cero manualmente en el inicio de la otra pieza, y se continua con la inspección.

En caso de que el operario encuentre defectos muy grandes, se detiene la máquina y se corta la cantidad de tela defectuosa, si los defectos son pequeños se cose un pedazo de hilo en la orilla izquierda de la tela al nivel del defecto para que el cliente sepa donde se encuentran los defectos.

Posteriormente el coche de tela pasa a estampado donde se le pone el sello en la orilla de la tela con un papel especial, el color dorado del sello es para clase A y B, el sello plateado es para la clase C y D.

Finalmente el coche de tela pasa a empaque donde se coloca en una máquina para que se enrolle la tela en un cartón, y se pasa a las operarias para que le coloquen a cada pieza su número, yardaje respectivo, lo coloquen en bolsas plásticas individuales con su respectivo código en cada bolsa.

## 2.5.2 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA EMPRESA 2

Tabla 2.7 Ficha de la empresa 2

<b>Nombre de empresa</b>	Empresa 2			
<b>Persona de contacto</b>	Gerente de producción	<b>Año de fundación</b>	-	
<b>Dirección</b>	-			
<b>Teléfono</b>	-	<b>Fax</b>	-	
<b>Giro de empresa</b>	Proporcionar el acabado a los hilos, franela y lonas (Planta a incluir dentro del estudio)			
<b>Empleados</b>	<b>Administración</b>	1	<b>No. de mujeres</b>	0
	<b>Producción</b>	10	<b>No. de mujeres</b>	0
	<b>Total</b>	11	<b>% de mujeres</b>	0 %
<b>Productos/Servicios</b>	Franela, lona teñida, encerada, engomada y plastificada; Hilo teñido			
<b>Producción</b>	<b>Producto</b>	<b>Prod. mensual</b>		
	Hilo crudo	25% ventas		
	Lonas plastificadas y enceradas	25%-65% ventas		
	Lonas crudas y de color	10% ventas		
<b>Mercado/clientes más importantes</b>	Empresas locales, Costa Rica, Nicaragua, Honduras			
<b>Materias primas principales</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Consumo mensual</b>		
	Lona cruda	nd		
	Hilo crudo	nd		
	Colorantes	nd		
	Apresto	nd		
	Químicos auxiliares	nd		
	Agua	nd		
<b>Desechos principales</b>	<b>Desecho generado</b>	<b>Cantidad mensual</b>	<b>Disposición final</b>	
	Aguas servidas	Nd	Río Acelhuate	
	Resinas	Nd	Río Acelhuate	
	Gomas-Aprestos	Nd	Río Acelhuate	
	Tintas	Nd	Río Acelhuate	
	Evaporación	Nd	Río Acelhuate	
	Químicos Auxiliares	Nd	Río Acelhuate	
	Tintas dispersas	Nd	Río Acelhuate	
	Tintas directas	Nd	Río Acelhuate	
	Tintas reactivas	Nd	Río Acelhuate	
	Condensado	Nd	Se envía a caldera	
	Vapor	Nd	Se pierde en el ambiente	
	Tiras de tela	Nd	Tren de aseo municipal	
<b>Consumo de agua</b>	<b>Consumo</b>	<b>Nd</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>nd</b>
	<b>Fuente de suministro</b>	Suministro ANDA y recolección aguas lluvias		
<b>Consumo de energía</b>	<b>Tipo de energía</b>	<b>Consumo mensual</b>	<b>Costo (\$/mes)</b>	
	Eléctrica	Nd	nd	
	Gas butano	Nd	nd	
	Diesel	2,000 galones	nd	
	Vapor	Nd	nd	

nd: No disponible

Se puede observar que en la empresa 2 no hay un control de insumos para el manejo de la producción, que representa el primer obstáculo para tener una idea de las condiciones reales de la empresa. Por lo que el balance de materiales se presenta como una herramienta crítica para conocer el potencial de optimización que posee. Sin embargo, es de destacar que a pesar de esta limitante, existen ciertas iniciativas para la mejora ambiental, como el uso de aguas lluvias para los procesos.

Figura 2.26 Diagrama de flujo del proceso de Reblanqueo

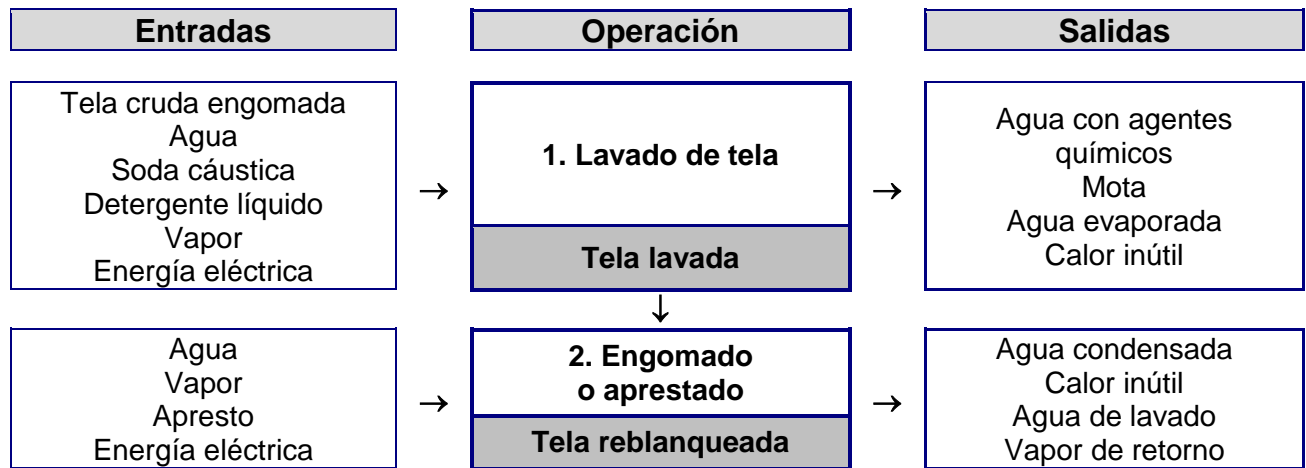


Figura 2.27 Diagrama de flujo del proceso de Teñido

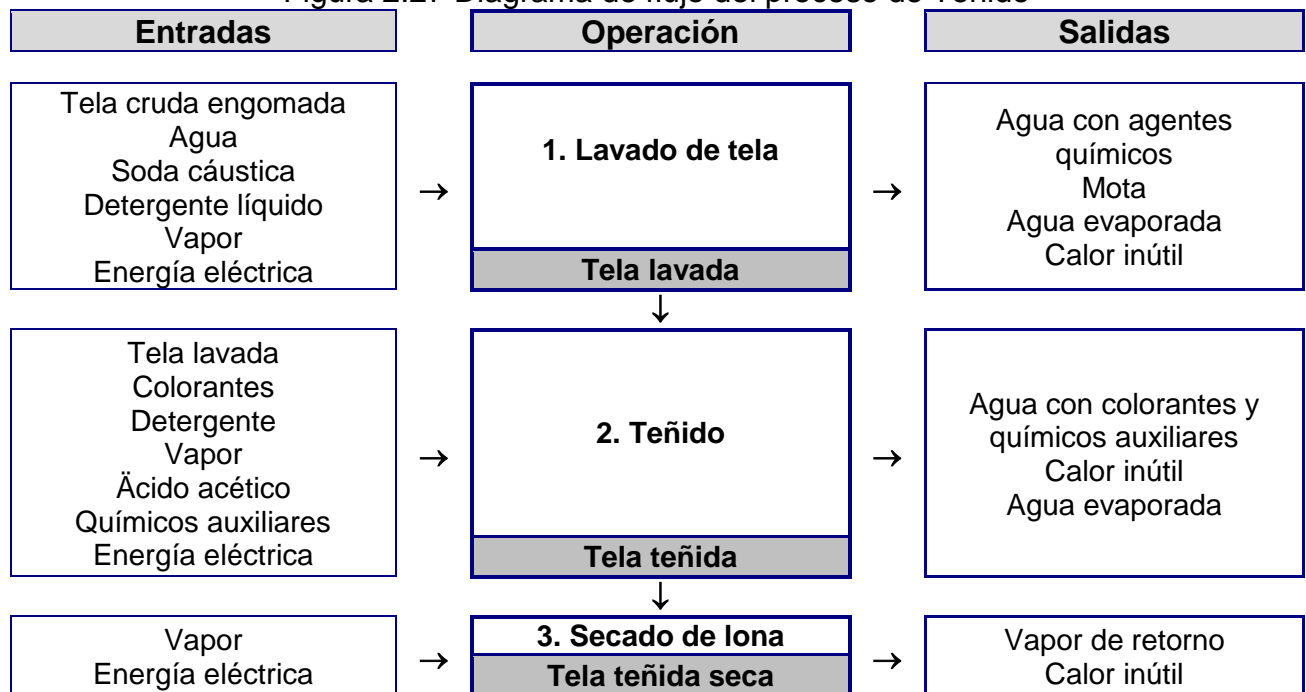


Figura 2.28 Diagrama de flujo del proceso de Encerado

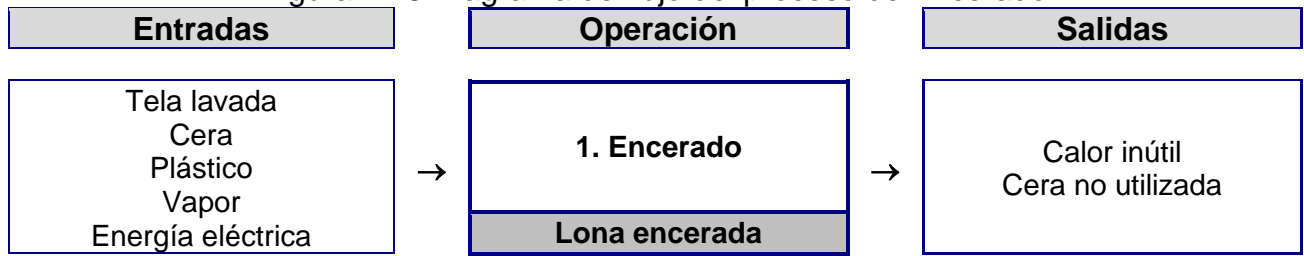


Figura 2.29 Diagrama de flujo del proceso de Plastificado

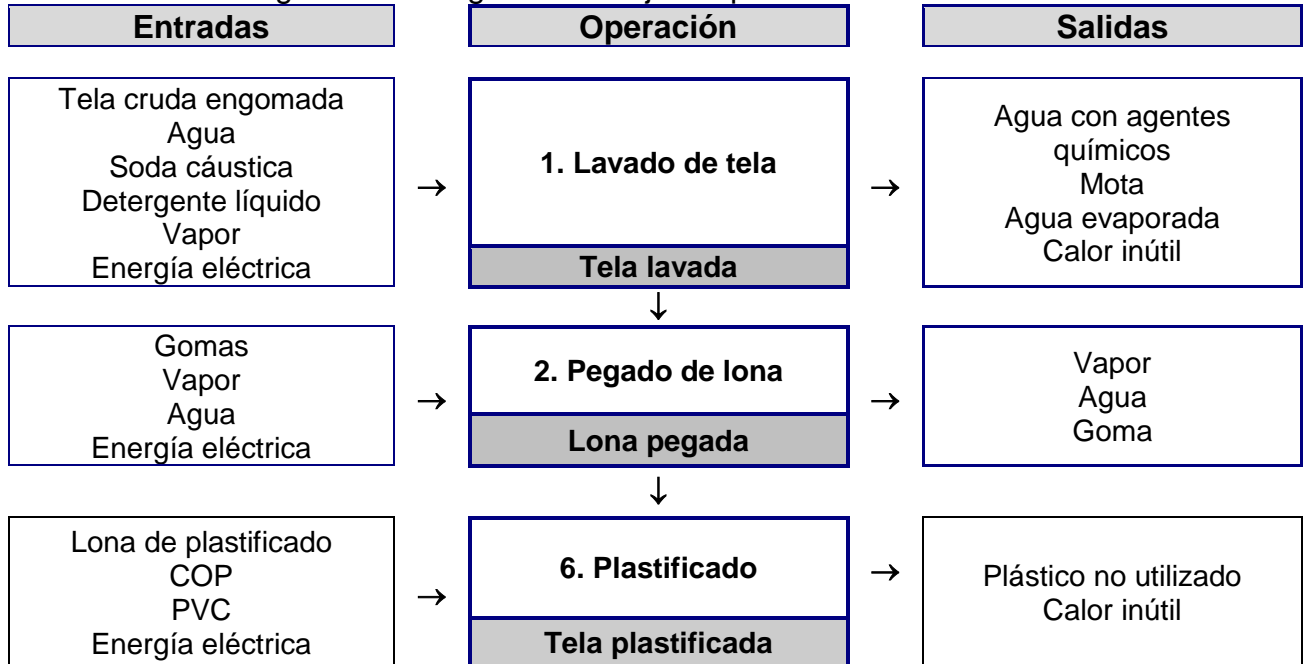
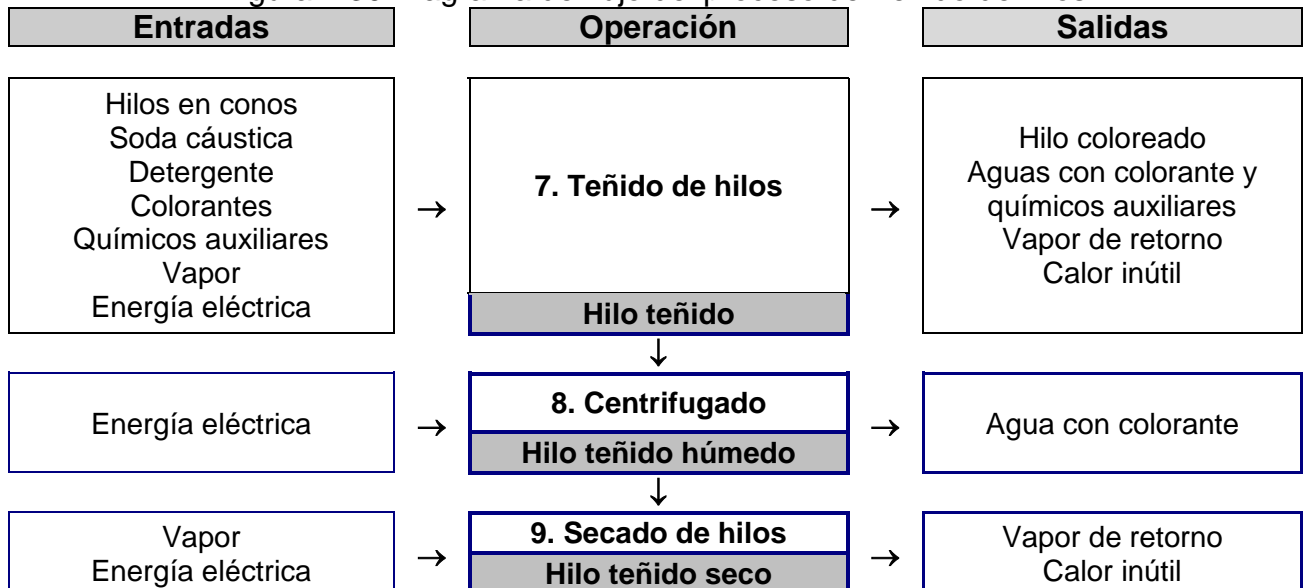


Figura 2.30 Diagrama de flujo del proceso de Teñido de hilos



## 2.5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION

### LAVADO DE LA TELA

Es el proceso que se realiza para eliminar los residuos de agentes externos a la tela, como suciedad, gomas u otro agente químico. Los lotes de entrada generalmente son de 3 piezas de un aproximado de 180 yardas cada una. Se realiza en la máquina Jigger y el procedimiento se basa en enjuagues del producto en baños a 95° C, combinándola con químicos auxiliares, como soda caústica.

### ENGOMADO DE LONA

Para impermeabilizar la lona y darle una textura más sólida para usos pesados, se utiliza el proceso de engomado de la lona, que consiste en pasar la lona por un baño de apresto a elevada temperatura, para luego ser secada en cilindros.

Después de preparar la goma, según el tipo de lona, ésta es vaciada en un barril de preparación, donde se agrega agua a estimación del operario, luego es mezclada manualmente. Cuando está lista, se agrega al tanque de preparación, donde se adiciona más agua y luego se mezcla mecánicamente. Después se agrega vapor inyectado que eleva rápidamente la temperatura hasta cerca de los 100° C.

Se coloca la cuerda guía en la máquina, que pasa primero por la cuba de la goma, luego por los cilindros de secado, para finalmente llegar al eje de enrollado de la lona. Al final de la cuerda se amarra la tela de punta, como guía que evita que la tela se estropee en la primera pasada y el final es cosida con la lona de producto.

Se drena la goma por gravedad hasta la cuba de engomado y comienza el proceso, pasa la lona por la cuba de engomado, es exprimido el exceso en los cilindros y luego pasa por los cilindros de secado que son controlados por vapor, para que al final llegue a un eje, que por movimiento de eje, enrolla la lona.

Al finalizar una pieza, es cosida con la siguiente para que el proceso sea continuo. De la misma forma, si el nivel de goma de la cuba disminuye, se agrega más goma desde el tanque de preparación.

Se sigue este proceso hasta finalizar con todas las piezas de trabajo. La goma restante de la cuba y del tanque de preparación es drenada al desagüe.

## ENCERADO

El encerado es un proceso de acabado final para el producto de lona impermeabilizada. Consiste en darle un baño de cera caliente a la lona.

El proceso comienza preparando la cera; este paso se realiza 24 horas antes del baño final y consiste en partir los bloques de cera manualmente en pedazos más o menos pequeños, referido por la experiencia del operario. Al terminar se agrega a los tanques de preparación precalentados junto con el plástico. Luego, se deja en estado de preparación lo que resta del día hasta que llegue el proceso, manteniendo la temperatura y el batido de los tanques.

Cuando la cera está lista, se comienza la preparación de la maquinaria. Se limpian los cilindros de exprimido y la cuba de baño manualmente. Se colocan los cilindros de desagüe de la cera hacia la cuba, se fija la cuerda guía que se inicia en los cilindros, pasa por la cuba y finaliza con los ventiladores de secado.

Teniendo lista la lona de entrada, comienza la entrada de vapor a la cuba a través de un serpentín, que evita que la cera se solidifique cuando llegue a la cuba. Luego el desagüe de la cera hacia la cuba es abierto hasta que llegue al nivel del cilindro superior. Comienza la entrada del producto, pasando primero por los cilindros de calentamiento, para que pueda absorber con mayor facilidad la cera. Luego entra a la cuba con cera y es exprimida a la salida por dos cilindros para evitar el exceso, pasa por dos ventiladores que secan la cera que queda impregnada en la lona. Para finalizar la tela es doblada y colocada en una carretilla en espera del fin de la pieza.

Cuando baja el nivel de la cera de la marcación del cilindro, se abre la llave de entrada de la cera para volver a alcanzar el nivel deseado.

Cuando la pieza llega a su final, es cosida el extremo con la siguiente pieza y se continúa normalmente. En la salida, la lona encerada que llega al final es cortada y ordenada en la carretilla, la cual se lleva a la zona de inspección final, mientras que la nueva pieza es ordenada en una nueva carretilla donde se irá doblando mecánicamente.

Los procesos de llenado de cera y cosido de la tela se repiten hasta que el producto es agotado, en este caso, la cera sobrante es vertida de la cuba hacia contenedores que guardan la cera para futuros procesos.

## TEÑIDO DE FRANELA

El proceso completo se realiza en la máquina Jigger. Primero, se limpia la maquinaria con agua de grifo; luego se carga la tela con una grúa mecánica a la Jigger, se agrega agua a la cuba y se comienza con el primer paso del producto. Se agrega  $\frac{1}{4}$  kg de detergente y se adiciona vapor hasta que el agua alcanza una temperatura de  $95^{\circ}$  C, después se agrega  $\frac{1}{4}$  kg de detergente y los pasos del producto a través de la cuba comienzan, en total son cuatro las pasadas que se dan con estas condiciones. Luego se drena el agua utilizada y hay una nueva carga de la cuba, se agrega nuevamente vapor hasta llegar a los  $95^{\circ}$  C y se dan dos pasos. Finalizada la operación, se drena nuevamente y se continúa con otra carga de agua a la cuba, para un paso en frío y un nuevo desagüe.

Posteriormente, se carga la cuba y se agrega la mitad del colorante preparado de manera homogénea por toda la superficie. Además, se introducen 200 gramos de detergente, se da un paso de la tela sobre la cuba y se agrega el colorante restante.

Se realiza paso adicional, al finalizar se inyecta vapor a la cuba y se dan dos pasos agregando sal, se da un paso más y se agrega nuevamente sal al proceso.

Se ejecutan siete pasos más con producto en estas condiciones y se drena el agua. Se carga nuevamente con agua la cuba y se desarrolla un paso en frío, siguiendo con la descarga y una nueva carga, se da otro paso de la tela y hay una nueva descarga, se carga otra vez y se agrega un kilogramo de químicos auxiliares, se dan cuatro pasadas al producto sobre la cuba y luego se descarga por última vez.

## TEÑIDO DE LONA

La máquina utilizada es la Jigger. Donde los cambios de giro, llenado, desagüe, entrada de vapor, encendido y apagado son manuales.

A la lona se le cose tela guía a ambos extremos. Por el diseño de la máquina los extremos del rollo que son colocados no alcanzan a ser remojados por el baño.

Se introduce a la máquina con la ayuda de un tecele mecánico. Comienza el proceso con el descrude, que consiste en la adición de  $\frac{1}{2}$  litro de detergente, seguido de la inyección de vapor hasta que alcance los  $98^{\circ}$  C y se mantiene así por un período determinado. Al final se le da un enjuague, para retirar el jabón de la lona.

Se realiza una descarga y después se llena para realizar el teñido. Se agregan los colorantes y químicos auxiliares. Durante la primera hora no se inyectan cantidades significativas de vapor y la solución permanece a una temperatura baja. El aumento en el vapor inyectado eleva la temperatura, y se le agrega sal.

Luego se realiza una descarga y se vuelve a llenar la cuba para realizar el suavizado. Para esta etapa ya no se utiliza vapor, solo suavizante agua. Una vez ha terminado se extrae la tela y el rollo es retirado de la maquina por medio de una grúa mecánica y colocado en una carretilla para transportarlo al área de inspección.

### SECADO DE TELA

Se utiliza para eliminar la humedad de la lona, principalmente en la salida de lavado y teñido. Se realiza en una máquina formada por un juego de ocho cilindros continuos, que trabajan basándose en la transferencia de calor producida por el vapor. Dentro de la planta, existen dos máquinas que desempeñan esa función, sin embargo, la segunda está integrada a la máquina de engomado, por lo que tiene que esperar la finalización de un proceso en esta máquina.

### PLASTIFICADO

La máquina plastificadora no trabaja continuamente, sino que espera que exista suficiente lote para trabajar. La preparación incluye 30 minutos de precalentamiento, así mismo, las válvulas del agua de enfriamiento y la bomba se activan 15 minutos antes. La fórmula de la solución plastificadora, que se fabrica para cada rollo, difiere en el tipo de colorante.

Se prepara la fórmula de la solución en un tanque, en donde se mezclan los ingredientes. Luego se procede a mezclar los otros ingredientes en una máquina especialmente diseñada por medio de rodillos. De la fórmula ya predeterminada se obtienen aproximadamente 440 libras de solución, divididas en dos lotes. La solución se agrega por partes a la cuba de la plastificadora, debido a su capacidad.

El rollo de tela es halado y pasa a través de los rodillos, que la estiran para hacerla pasar por una cuba que esta llena de solución plastificante. El sistema de rodillos obliga a la lona a pasar en el baño, posteriormente unas placas retiran el exceso de solución.

Luego pasa al horno para ser secado, que funciona basándose en resistencias eléctricas. Al salir del horno pasa por una serie de rodillos que enfrían por medio de una corriente de agua que pasa en medio de ellos.

El rollo ya plastificado se enrolla en la parte posterior de la máquina, se enrolla la tela guía del inicio, pero no la tela guía cosida a la parte final del rollo, que es cortada con navaja, junto con ella se descarta una parte del producto terminado. El residuo de solución plastificadora que sobra en la cuba es retirado, en su mayoría por medio de una válvula que se encuentra en la parte inferior de la cuba. Debido a la alta viscosidad de la solución, quedan residuos adheridos a las paredes de la cuba que deben ser retirados por medio de una espátula. Los sobrantes son tapados con una lona y guardados para usarse posteriormente.

## TEÑIDO DE HILO

La cantidad de hilos de cada coche depende de la orden y del color. Por lo general el coche tiene un promedio de 154 rollos.

En el caso de haber trabajado anteriormente con colores fuertes, se realiza un lavado antes de introducir el lote de hilos en el autoclave. Este proceso de lavado dura alrededor de dos horas.

Posteriormente se introduce el lote de hilos al autoclave, se cierra y se abre la válvula de llenado de la máquina y del tanque manualmente, hasta que comienza a rebalsar la máquina. Se añade una parte de los químicos auxiliares y se adiciona vapor para elevar la temperatura. Posteriormente se agregan los colorantes y la parte restante de los químicos auxiliares para fijar el color a la fibra de hilo. Durante el proceso se añade vapor continuamente para mantener la temperatura y agua de la válvula de tanque. El vapor utilizado durante todo el proceso pasa a través de un serpentín.

Durante todo el proceso de teñido se realizan dos tipos diferentes de rotaciones para que el color se impregne correctamente en el hilo, estos son movimientos del agua desde el interior de cada cono al exterior de cada uno, el segundo movimiento es de la parte exterior del cono a la parte interior del cono.

## CENTRIFUGADO

Su función es disminuir el exceso de agua que presentan los conos de hilo a la salida de teñido. Para realizarlo, se utiliza el sistema de centrifugado por media hora en una máquina diseñada para tal fin. El único insumo que necesita es energía eléctrica. Pues la humedad de salida no varía mucho con respecto a la de entrada.

## SECADO DE HILOS

El secado de hilos se realiza en un horno calentado por vapor, que utiliza serpentines internos y ventiladores para transferir el calor. La máquina que utilizan dentro de la planta es una modificación de un horno de secado de madera.

Para la entrada de los lotes, están dispuestas bandejas y carretillas de carga de hilo en la entrada del horno, que trabaja con rodillos y canaletas.

## CAPITULO III. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE ACABADO EN EL SECTOR TEXTIL

### 3.1 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR

#### 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALES DE IMPLEMENTACIÓN DE PML EN LOS PROCESOS DE ACABADO DE LA INDUSTRIA TEXTIL

##### 3.1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EVALUACIÓN [CNPML, 2002]

El objetivo de la evaluación preliminar es conocer de forma rápida las condiciones de la empresa, para determinar la dirección que tiene que llevar el estudio, en cuanto a procesos críticos y áreas potenciales para implementar Producción Más Limpia (PML) y así enfocar los recursos disponibles en lo que vale la pena trabajar. Sin embargo, al realizarlo solamente se cuenta con información cualitativa, que depende del personal de la planta y del criterio del evaluador. En esta perspectiva, se necesitan puntos de referencia que definan rangos de comparación.

Para llevar a cabo el análisis, se hace uso del programa Eco Inspector v. 2.0, proporcionado por el Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML). Dicho programa está elaborado para estudiar en forma particular cada proceso dentro de la planta, así como el almacenamiento, sus sistemas de calor, refrigeración y la seguridad industrial. En este caso particular, se omitió el sistema de refrigeración por no ser necesario para la industria seleccionada.

#### Análisis de los Procesos y del Almacenamiento

El potencial de PML en las diferentes etapas de los procesos, incluyendo las áreas de energía y administración de insumos, han sido examinados de acuerdo los siguientes criterios:

Tabla 3.1 Criterios tomados en cuenta en las entradas

¿Existen materias primas dañinas/problemáticas para el ambiente o la salud?
¿Se utilizan grandes cantidades de materia prima, insumos auxiliares y de producción?
¿Es elevado el consumo de energía?
¿Se incurren en altos costos en la entrada (insumos o energía)?

Tabla 3.2 Criterios tomados en cuenta en las salidas

¿Se generan grandes cantidades de desechos, desechos especiales, aguas residuales, aguas o emisiones?
¿Se incurren en altos costos internos o externos en el manejo y disposición?

Tabla 3.3 Criterios tecnológicos tomados en cuenta

¿Es la tecnología apropiada?
¿Cuál es el nivel de automatización?
¿Se producen pérdidas o desechos por fallas en la producción?
¿De qué manera se le da limpieza y mantenimiento a la maquinaria?
¿Son altos los costos de mantenimiento, limpieza y por paros en la producción?

La importancia de éste análisis es que aunque los sistemas de referencia para cada evaluador pueden ser diferentes, se utilizará uno solo para examinar todos los procesos en la empresa, que aunque posiblemente no brinda un valor cuantitativo de la situación actual, si muestra una escala de posición entre los diferentes procesos de la empresa. De esta forma, cada proceso ha sido evaluado de acuerdo a estos criterios y calificado basándose en la siguiente escala de potenciales:

Tabla 3.4 Escala de potenciales de PML

POTENCIAL	PUNTAJE POTENCIAL
Criterio no aplicable en esta área/proceso	Cero puntos <sup>1</sup>
Potencial moderado en PML	1 punto
Potencial significativo en PML	2 puntos

Como siguiente paso, cada proceso ha sido analizado con respecto al *Grado de Optimización*, de acuerdo a la opinión del evaluador; es decir, se ha determinado si aún existe potencial de PML al respecto. De esta manera, la importancia de los potenciales es descrita y se asigna un *Factor de Peso* de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 3.5 Evaluación del grado de optimización

<sup>1</sup> No se toma en cuenta en los cálculos

NIVEL DE OPTIMIZACIÓN	CRITERIO	FACTOR DE PESO
Alto	Poca posibilidad de optimización	0
Medio a alto		0.5
Medio	Existe posibilidad de optimización	1.0
Bajo a medio		1.5
Bajo	Proceso no optimizado	2.0

El producto del *Puntaje Potencial* y el *Factor de Peso* permite entonces estimar el “*Potencial Real de PML*” para cada criterio de los respectivos procesos. El valor promedio de los puntos para cada categoría individual (entradas, salidas, tecnología y costos) da como resultado una medida del potencial de PML de las etapas individuales de los procesos y permite de esta manera la comparación entre procesos. Por tanto, la selección de aquellos procesos que deberían ser sujetos a un análisis más profundo se simplifica grandemente.

#### SEGURIDAD, SALUD, MANEJO DE MATERIALES

Los aspectos de seguridad, salud y manejo de materiales son evaluados utilizando los mismos criterios antes descritos. El promedio de los puntos da como resultado una medida del potencial de PML y puede así ser utilizado como base de decisión para un análisis más profundo.

Un aspecto a destacar es que el programa Eco Inspector v. 2.0 presenta al final una matriz de potenciales que da un valor ambiental y económico para cada variable analizada, que es la herramienta última para destacar los procesos a analizar a fondo, la excepción se da en las variables almacenaje y seguridad, salud e higiene, que dentro del programa no presenta valor económico.

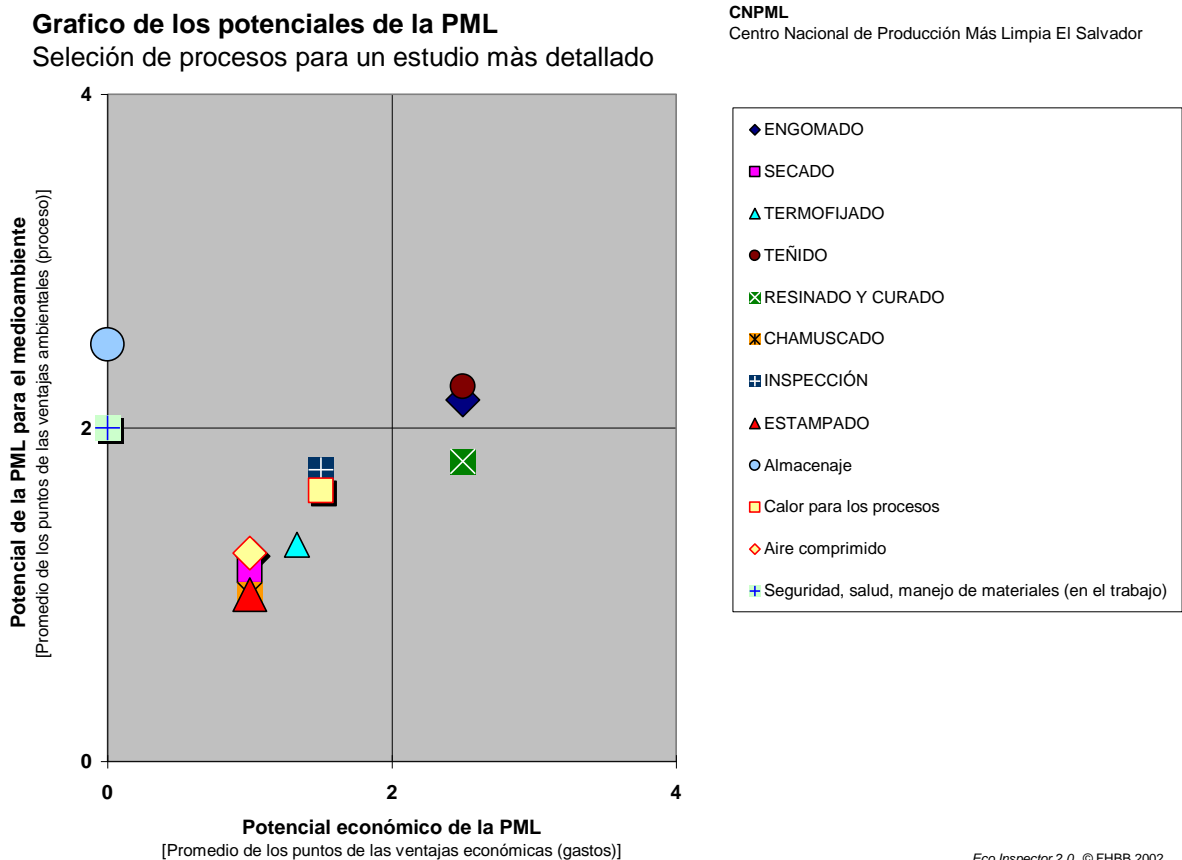
Con el objetivo de hacer más comprensibles las estimaciones requeridas en el Eco Inspector 2.0, se adjuntan en el anexo C las fichas utilizadas durante el proceso de evaluación.

### 3.1.1.2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR EN LA EMPRESA 1

Las tablas mostradas en el Anexo C muestran la evaluación de los procesos de la EMPRESA 1 utilizando como base el programa Eco-Inspector, desde el punto de vista de la Producción Más Limpia. Se muestra también una comparación de los procesos de acuerdo al puntaje obtenido.

La Figura 3.1 presenta la matriz de los potenciales de PML para las diferentes áreas/procesos analizados. El eje de las abscisas, Potencial Económico de Producción Más Limpia, representa el promedio de los puntos de “costo”; el eje de las ordenadas, Potencial Ambiental de Producción Más Limpia, representa el promedio de los puntos de “proceso”.

Figura 3.1 Matriz de potenciales de Producción Más Limpia en la EMPRESA 1



## SELECCIÓN DE LOS PROCESOS PARA EVALUACIÓN EN PLANTA

Los resultados mostrados en el análisis del Eco-Inspector están en forma de costo de producción y costo ambiental. Para seleccionar los procesos más determinantes dentro de la planta, se debe adoptar un criterio que adopte estas dos características.

Teniendo en consideración que se debe impulsar el desarrollo ambiental, y que las empresas nacionales buscan como primer punto la subsistencia y el valor económico, se adquirió la estrategia de darle la misma valoración al resultado ambiental y al económico. El medio de comparación fue encontrar las áreas que forman cada uno de los puntos dentro de la gráfica de resultados (Tabla 3.3). Para ejemplificar, el desengomado tiene un valor de 2.25 en la escala de potencial medio ambiental de la gráfica y un valor de 2.45 en la escala de potencial económico, por lo que el valor estimado de potencial total es:

$$\text{Potencial total} = \text{Potencial medio ambiental} * \text{Potencial económico}$$

$$\text{Potencial total del desengomado} = 2.25 * 2.45 = 5.51$$

Con el mismo procedimiento se obtiene el valor de potenciales de los todos los procesos analizados en la EMPRESA 1.

Tabla 3.6 Potencial total de mejora de los procesos en la Empresa 1

OPERACIÓN	POTENCIAL DE MEJORA TOTAL
Teñido	$(2.35 * 2.45) = 5.76$
Desengomado	$(2.25 * 2.45) = 5.51$
Resinado y curado	$(1.80 * 2.45) = 4.41$
Inspección	$(1.70 * 1.60) = 2.72$
Calor para los procesos	$(1.60 * 1.60) = 2.56$
Termofijado	$(1.20 * 1.30) = 1.56$
Aire comprimido	$(1.15 * 1.00) = 1.15$
Secado	$(1.10 * 1.00) = 1.10$
Chamuscado	$(1.00 * 1.00) = 1.00$
Estampado	$(1.00 * 1.00) = 1.00$
Almacenaje	$(2.50 * 0.00) = 0.00$
Seguridad, salud y manejo de materiales	$(2.00 * 0.00) = 0.00$

El programa Eco-Inspector, presenta una valoración de cero impacto económico a las operaciones de almacenaje y la de seguridad, salud y manejo de materiales, por lo que todo su potencial se refleja en el área ambiental (2.5 y 2 respectivamente), aún así, se considera que el valor de ellos, con respecto a los elementos de mayor puntuación no es considerable.

Con los resultados obtenidos en la Evaluación Preliminar de la EMPRESA 1, se pueden seleccionar con certeza que las operaciones con mayor potencial de mejora, y a las que se les realizará el balance de materia son:

- Teñido
- Desengomado
- Resinado y Curado
- Inspección
- Calor para los procesos

Esto no quiere decir que se descartan por completo las demás operaciones, porque existe la posibilidad de que se encuentren nuevos aspectos durante la realización del balance de materia en la empresa. Sin embargo, ya se tiene una base sólida sobre la cual se comienza el estudio práctico.

## CONCLUSIONES/ RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA 1

Como resultado de la Evaluación Preliminar, se recomendó a la EMPRESA 1 la realización de un análisis más detallado y profundo de las áreas descritas anteriormente, pues diversas medidas pueden ser tomadas para un “mejor aprovechamiento de la energía, agua, materia prima, químicos auxiliares, resinas” y “un mejor manejo de desechos líquidos, emisiones”.

Para resumir este contexto, en la siguiente tabla se presentan una serie de observaciones para cada uno de los procesos, que se tomaron en cuenta para la realización del balance de materia.

Tabla 3.7 Conclusiones de la evaluación preliminar en la EMPRESA 1

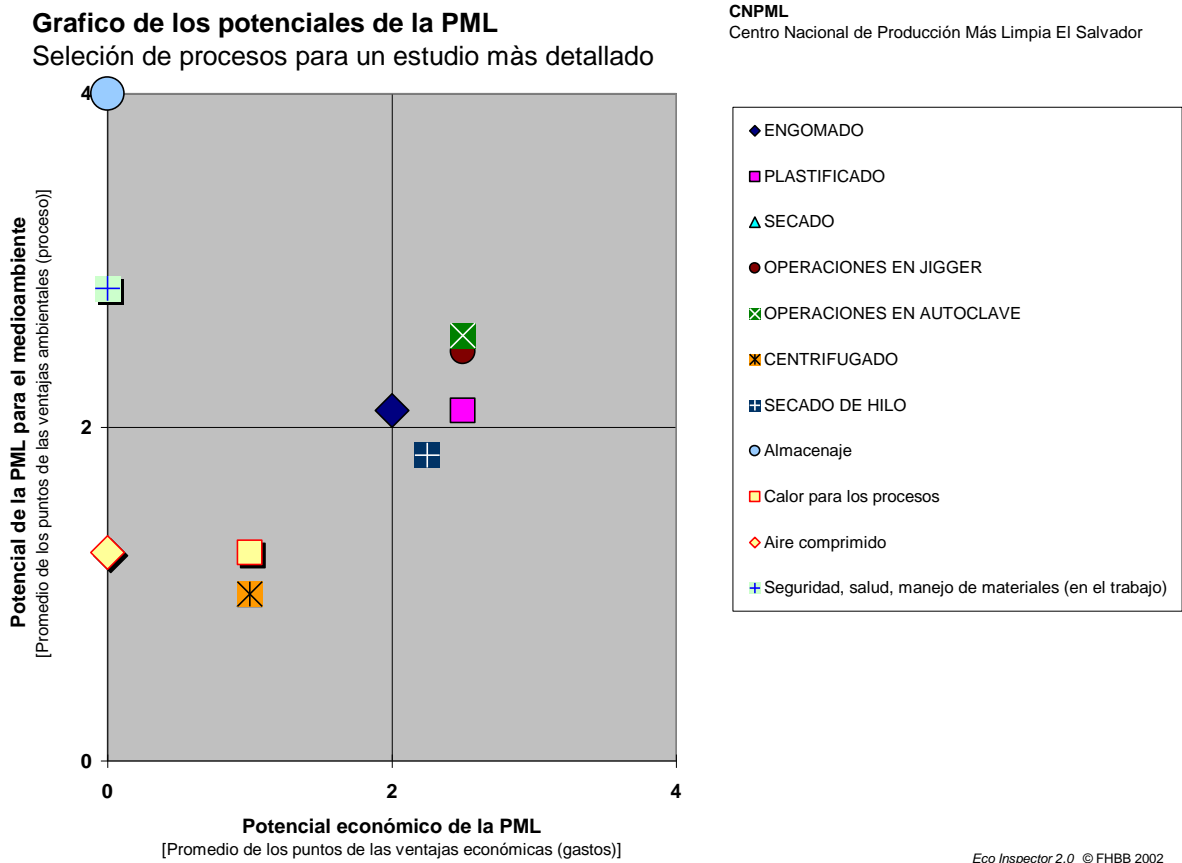
No	OPERACIÓN	HALLAZGO	IMPACTO
1	Desengomado	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pocas veces tienen problemas con el sub-producto de salida, sin embargo, se observa un grave problema de consumo de agua y vapor por cuba.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Los agentes que podrían afectar el cuerpo receptor son: la goma y el detergente, además de la temperatura de salida.</li> </ul>
2	Termofijado	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Necesita una temperatura de operación mucho mayor de la que se puede obtener en el sistema de calentamiento general para la planta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El utilizar una caldera especial basada en aceite térmico, eleva los costos del sistema de calor y aumenta las emisiones atmosféricas por su funcionamiento.</li> </ul>
3	Teñido	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Es considerado por la empresa como la operación crítica,</li> <li>· La temperatura del agua para teñir alcanza temperaturas cercanas a los 80 al momento de la descarga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· De la coloración depende la calidad del producto, por lo que no hacen reparos en consumos elevados de agua y vapor para alcanzarlo.</li> <li>· El uso de colorantes y químicos auxiliares, puede afectar el agua de descarga al cuerpo receptor.</li> </ul>
4	Resinado y curado	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El proceso de resinado es sencillo, sin embargo, utiliza materia prima de alto valor económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El uso de estas resinas también lleva a la modificación de las condiciones del cuerpo receptor.</li> </ul>
5	Inspección	<ul style="list-style-type: none"> <li>· No se utilizan muchos recursos para realizar esta actividad</li> <li>· Un punto relevante de este proceso es la gran cantidad de material desperdiciado durante la inspección final y el empaçado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El desperdicio de producto final podría aumentar considerablemente los costos de producción</li> </ul>

### 3.1.1.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN PRELIMINAR EN LA EMPRESA 2

Las tablas mostradas en el Anexo C muestran la evaluación de los procesos de la EMPRESA 2 utilizando como base el programa Eco-Inspector.

En la figura 3.2 se observan los resultados del análisis de la evaluación preliminar. En este punto destaca que los puntos dentro de la gráfica se encuentran en promedio más arriba que los de la EMPRESA 1, lo que denota que en general, la EMPRESA 2 tiene mayor potencial de mejora.

Figura 3.2 Matriz de potenciales de Producción Más Limpia en la EMPRESA 2



## SELECCIÓN DE LOS PROCESOS PARA EVALUACIÓN EN PLANTA

Al igual que para la EMPRESA 1, se deben seleccionar los procesos más determinantes dentro de la planta. El criterio para la selección de procesos en la EMPRESA 2 es el mismo que el utilizado anteriormente (Dar igual valor al potencial económico y al ambiental).

Con el mismo procedimiento se obtiene el valor de potenciales de los todos los procesos analizados en la EMPRESA 2, que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.8 Potencial total de mejora de los procesos en la Empresa 2

OPERACIÓN	POTENCIAL DE MEJORA TOTAL
Operaciones en autoclave (Teñido de hilo)	$(2.50*2.50) = 6.25$
Operaciones en Jigger (Teñido de tela)	$(2.50*2.40) = 6.00$
Plastificado	$(2.50*2.10) = 5.25$
Engomado de lona	$(2.00*2.10) = 4.20$
Secado de hilo	$(2.25*1.80) = 4.05$
Secado de tela	$(1.00*1.25) = 1.25$
Calor para las operaciones	$(1.00*1.25) = 1.25$
Centrifugado	$(1.00*1.00) = 1.00$
Almacenaje	$(0.00*4.00) = 0.00$
Seguridad industrial, manejo de materiales	$(0.00*2.75) = 0.00$
Aire comprimido	$(0.00*1.25) = 0.00$

Con los resultados obtenidos en la Evaluación Preliminar de la EMPRESA 2, se pueden seleccionar con certeza que las operaciones con mayor potencial de mejora, y a las que se les realizará el balance de materia son:

- Teñido de hilos
- Teñido de tela
- Plastificado
- Engomado de lona

Sin embargo, los procesos de lavado de la lona, encerado, centrifugado, secado de hilos no se descartan por completo como posibles fuentes de mejora; existe la probabilidad de que se existan aspectos que no se tomaron en cuenta durante la realización del balance de materia en la empresa y sean condiciones especiales dentro de algún proceso. Sin embargo, ya se tiene una base sólida sobre la cual se comienza el análisis en planta.

## CONCLUSIONES/ RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA 2

Como resultado de la Evaluación Preliminar, se puede decir con certeza que los procesos con mayor potencial de mejora son los manejan vapor para su operación. Al mismo tiempo, son acompañadas en su potencial económico, por el uso de materias primas especiales, como los colorantes, la goma, entre otros.

Al igual que para la empresa 1, se recomendó hacer un análisis más profundo de cada operación, para poder tener información más completa que lleve a alternativas de procesamiento óptimas.

En la siguiente tabla se presentan una serie de observaciones para cada uno de los procesos, que se tomaron en cuenta para la realización del balance de materia.

Tabla 3.6 Conclusiones de la evaluación preliminar en la EMPRESA 2

No	OPERACIÓN	HALLAZGO	IMPACTO
1	Engomado de lona	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Existe una gran cantidad de fugas en el sistema de entrada de vapor, sin embargo, es conveniente considerarlo dentro del análisis del sistema de calor y no dentro del proceso, pues se analizará de forma más completa en ese apartado.</li> <li>· La preparación de la goma se tomará como proceso independiente por sus características de operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Altera los valores de DBO y DQO del cuerpo receptor</li> </ul>
2	Encerado de lona	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El consumo de energía eléctrica se extiende a todos los rangos de cobro, por el carácter continuo de preparación de la cera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Puede causar enfermedades respiratorias en los operarios</li> </ul>
3	Teñido de lona	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Se menciona como un proceso donde existen muchas fallas que llevan a producto defectuoso.</li> <li>· Cada operario tiene un procedimiento de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aumento de costo de producción por material desperdiciado</li> </ul>
4	Plastificado	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Se procesa lona, que luego es cortada para ajustarla a las necesidades del toldo a fabricar.</li> <li>· La bodega de materia prima se encuentra muy alejada de las operaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Desperdicio en el manejo y transporte de materiales</li> </ul>
5	Teñido de hilo	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Solamente un operario puede realizar esta operación dentro de la planta, convirtiéndose en indispensable</li> <li>· No hay control del contenido real de material dentro de la máquina en un punto dado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aumento de costo de producción por material desperdiciado</li> </ul>

### 3.2 ANALISIS DE EMPRESA 1

#### 3.2.1 BALANCE DE MATERIA DE LA EMPRESA 1

##### 3.2.1.1 DESENGOMADO

Figura 3.3 Diagrama de entradas y salidas para el proceso de desengomado

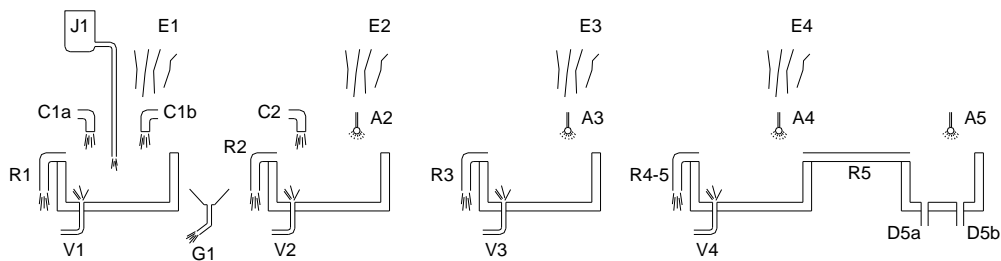
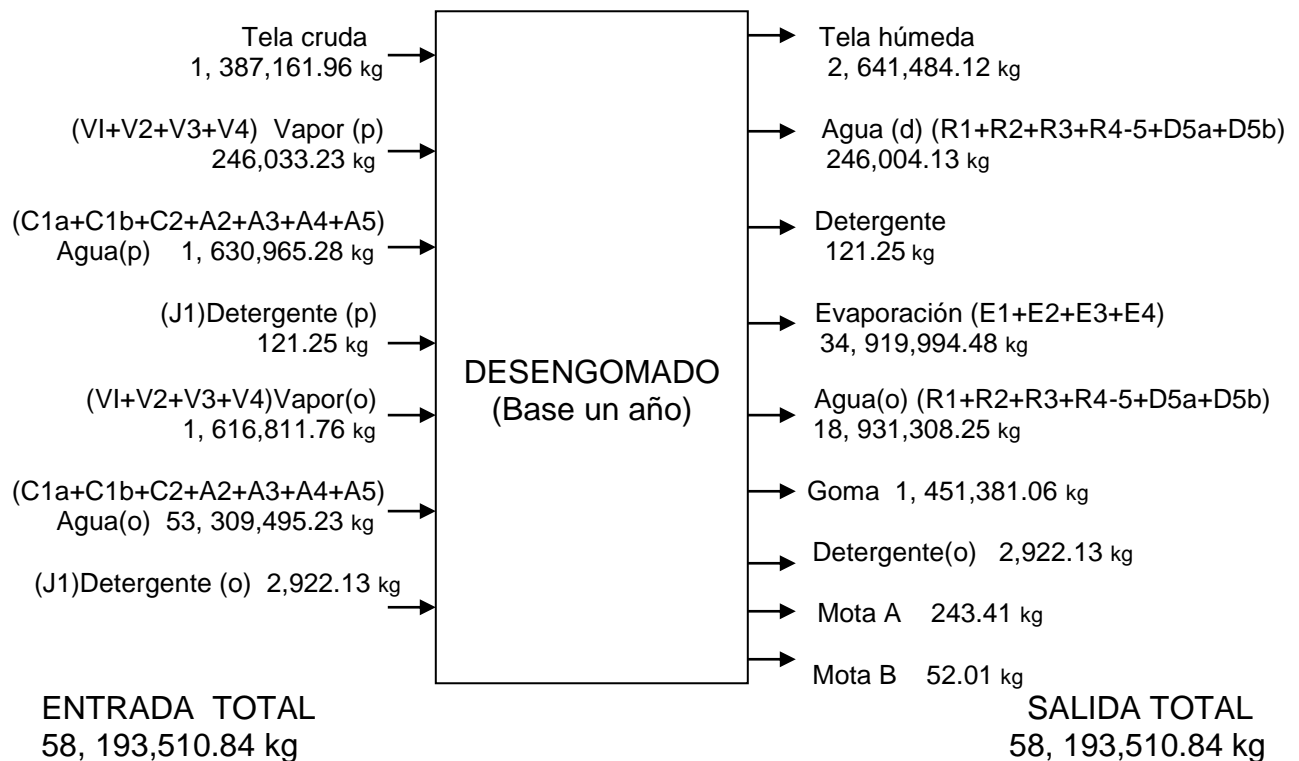


Figura 3.4 Resultado del balance de materia (base un año)



El consumo más importante visualizado en la figura anterior es el agua y el vapor. El uso de grandes cantidades de agua durante el proceso genera un alto consumo de vapor, debido a que el proceso requiere de elevadas temperaturas para llevarse a cabo. Las temperaturas con que se trabajan, contribuyen a una alta evaporación del agua, obteniendo así un ciclo de elevados consumos y descargas.

Tabla 3.7 Indicadores de consumo y descarga para el desengomado

INSUMO	INDICE	DESCARGA	INDICE
Agua	20.79 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado	Agua con detergente	7.26 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado
Vapor	0.71 ton métrica de vapor / ton de producto terminado	Evaporación	13.21 ton métrica de evaporación / ton de producto terminado

En la tabla de los indicadores se visualiza que se consumen grandes cantidades de agua dentro del proceso, así mismo a pesar de que el vapor no se consume en la misma proporción del agua, este simboliza una gran proporción del mismo.

### 3.2.1.2 TEÑIDO DE POLIÉSTER EN JET HORIZONTAL

Figura 3.5 Diagrama de entradas y salidas para el teñido de poliéster en jet horizontal

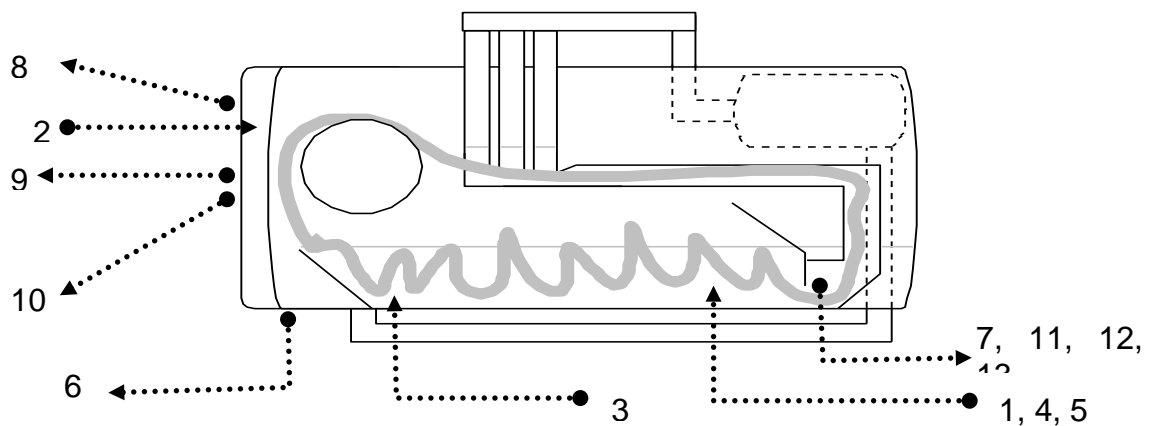
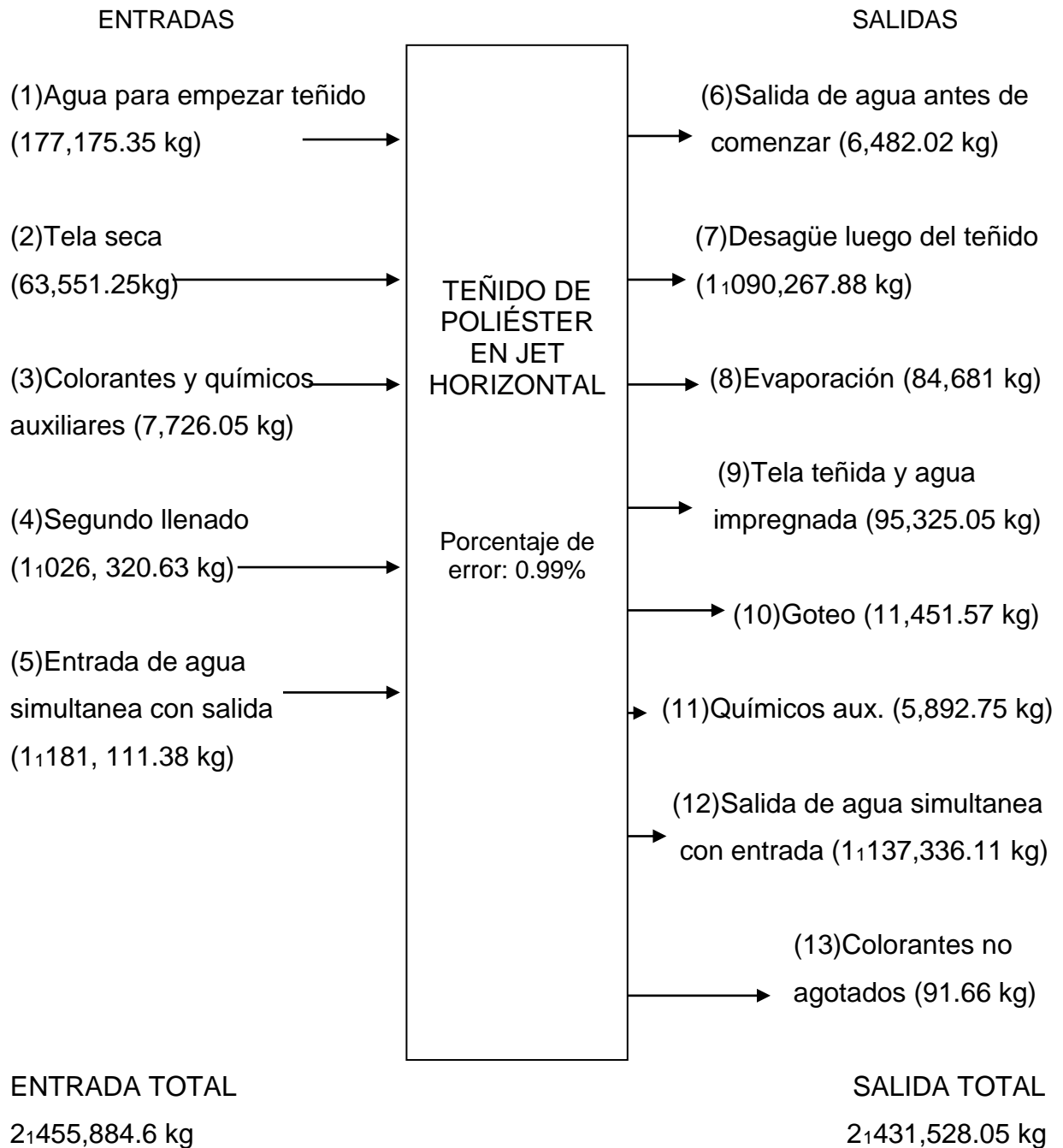


Figura 3.6 Resultado del balance de materia (datos para un año)



Si se observan los datos anteriores se comprueba que el consumo más importante es el del agua, de las tres ocasiones en las cuales entra agua al sistema las últimas dos son por mucho las más importantes, ya que el volumen que entra es inmensamente

superior. Interesante notar que la entrada (1) la cual es utilizada anteriormente en otro lote es la entrada más pequeña, cuando debería de ser al contrario.

En lo que respecta a las salidas, la (6) se debe evitar ya que surge de una imprecisión en el proceso, y acá se puede observar que se desperdicia una cantidad considerable. Se puede comprobar por simple inspección que la descarga luego del teñido (7), contiene la mayoría de agentes contaminantes y la descarga del enjuague (12), y el goteo (10) salen prácticamente transparentes, por lo aquí existe la posibilidad de segregación de desechos.

Tabla 3.11 Indicadores de consumo y descarga en jet horizontal

INSUMO	INDICE	DESCARGA	INDICE
Agua	39.96 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado	agua, colorantes y químicos disueltos	36.93 ton / ton de producto terminado
Vapor	5.26 ton métrica de vapor / ton de producto terminado		
Agua de enfriamiento	2.45 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado		

Los indicadores nos confirman el agua como el mayor desecho generado, siendo la jet horizontal la que tiene un índice mayor de consumo de agua con respecto a la jet tubular, esto confirma la información proporcionada en este sentido y reconoce el acierto al implementar la política de utilizar mayormente las jet tubulares, que las horizontales.

El porcentaje de error surge debido a que se logro cuantificar todas las entradas y salidas numeradas, y como es de esperarse los datos no muestran exactitud perfecta.

### 3.2.1.3 TEÑIDO DE POLIÉSTER EN JET TUBULAR

Figura 3.7 Diagrama de entradas y salidas del teñido de poliéster en Jet tubular

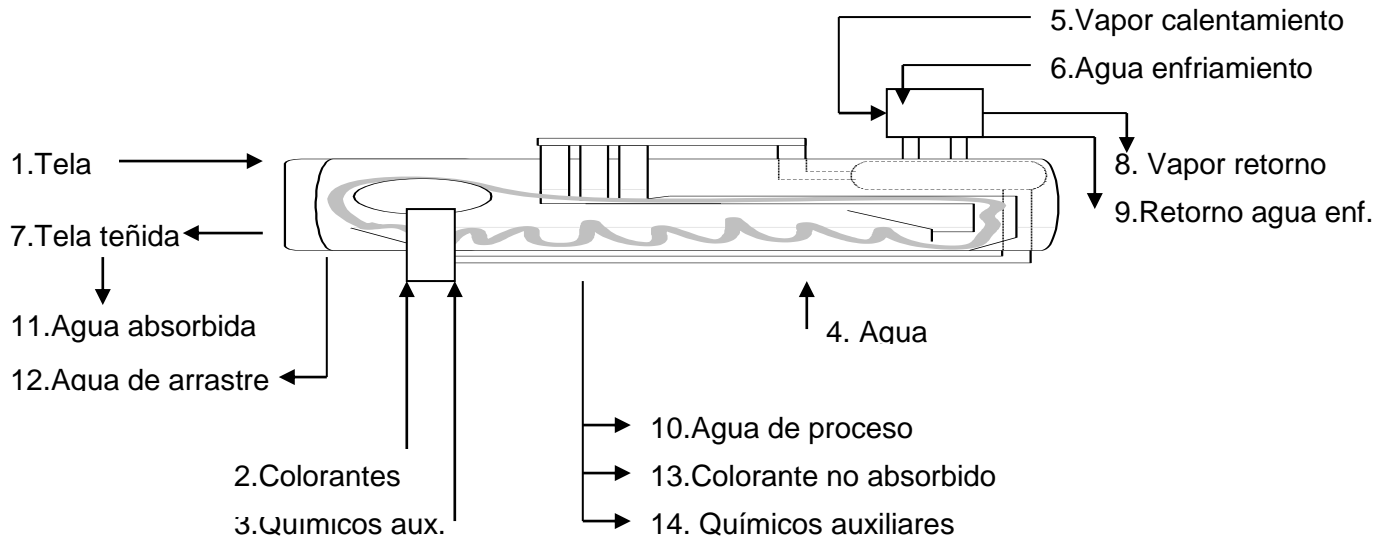
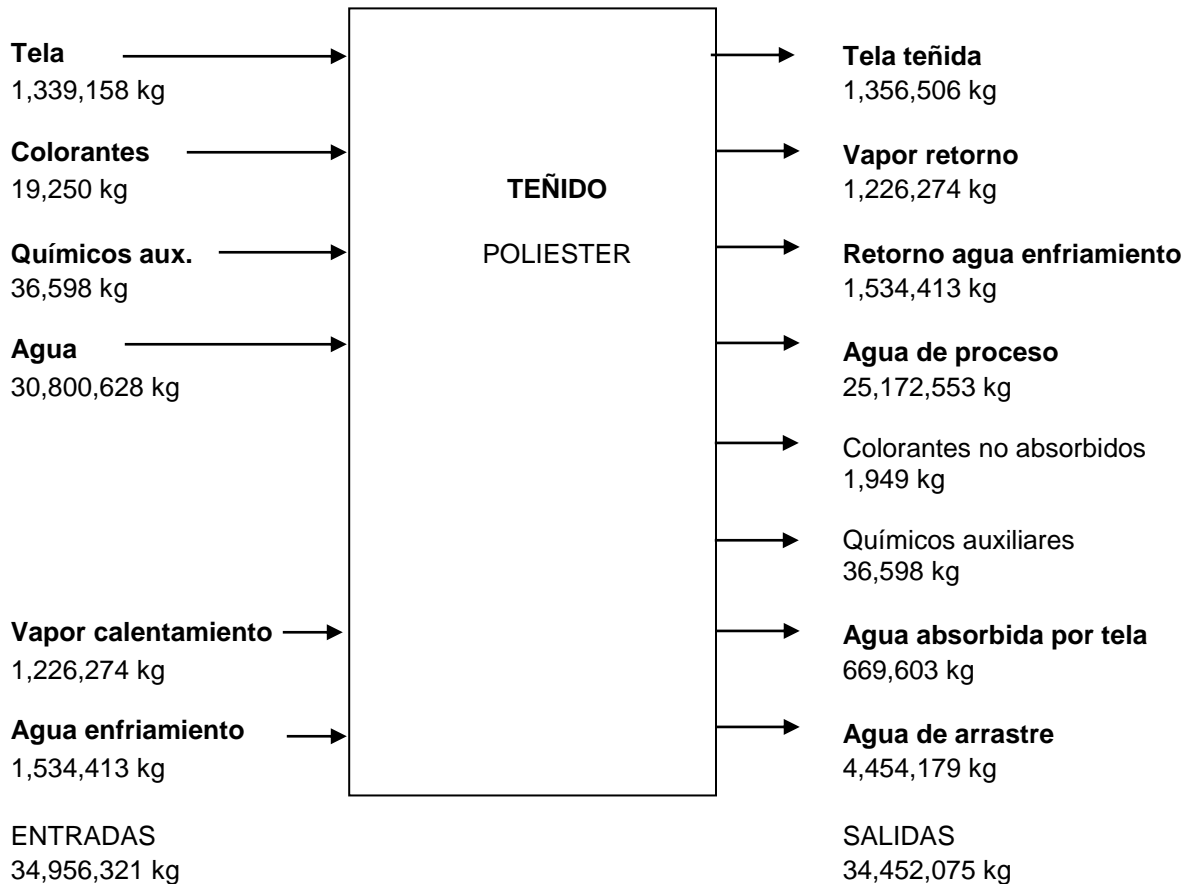


Figura 3.8 Balance de materia anual del teñido de poliéster en jet tubular



Del balance de materia, se puede observar que existe una variación entre las entradas y salidas de masas en 504 ton, que representa el 1.44% del total. La explicación de la diferencia radica en la cantidad de agua que no fue completada al final del proceso para cumplir con el ciclo de entrada durante el ciclo de trabajo estudiado, lo que no significa que no se necesita esa cantidad de agua, sino que se tiene que balancear en posteriores procesos, sin embargo, por la regularidad del proceso, se puede decir que los valores encontrados son, en general, estables.

De estos valores, se pueden obtener índices de consumo y descarga, a partir de la masa de cada elemento contra la cantidad de producto procesado en esa operación. Aquí se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.12 Índices de consumo y descarga en el proceso de teñido de poliéster

INDICES DE CONSUMO (U=Ton prod)		INDICES DE DESCARGA (U=Ton prod)	
Agua	22.7 m <sup>3</sup> /U	Agua de proceso	18.6 m <sup>3</sup> /U
Colorantes	14.2 kg/U	Agua de arrastre	3.3 m <sup>3</sup> /U
Químicos auxiliares	27.0 kg/U	Agua absorbida por tela	0.5 m <sup>3</sup> /U
Vapor	0.9 ton/U	Colorantes no absorbidos	1.4 kg/U
Agua enfriamiento	1.1 m <sup>3</sup> /U		

Los índices de consumo y descarga muestran la relevancia del agua para el proceso, ya que es por mucho el insumo que más se requiere para que el proceso funcione normalmente. Sin embargo, se debe agregar que para la empresa 1, el costeo del agua es de 0.08 \$/m<sup>3</sup> agua, que lleva a un índice de 1.8 \$/ton prod. Comparado con el costo de vapor (14.4 \$/ton vapor), que tiene un índice financiero de 13.0 \$/ton prod, lo que significa que las prioridades económicas no dependen del grado de consumo, como en este caso, sino también del costo por unidad de requerimiento.

### 3.2.1.4 TEÑIDO DE POLIÉSTER-RAYÓN EN JET TUBULAR

Figura 3.9 Diagrama de entradas y salidas del teñido de poliéster-rayón en jet tubular

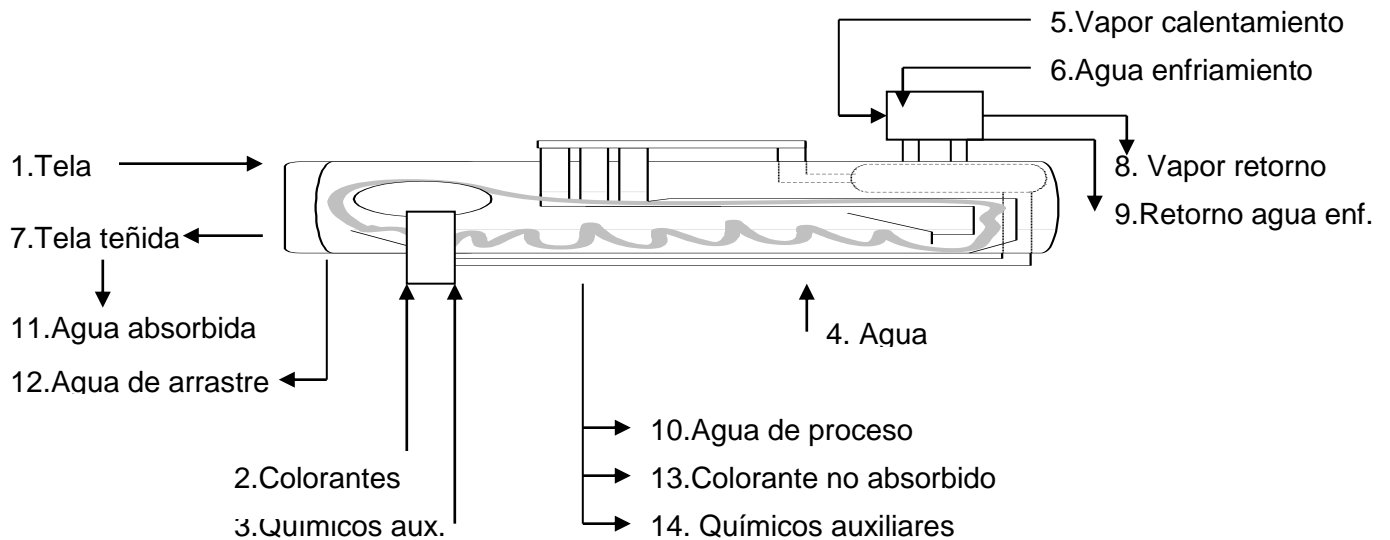
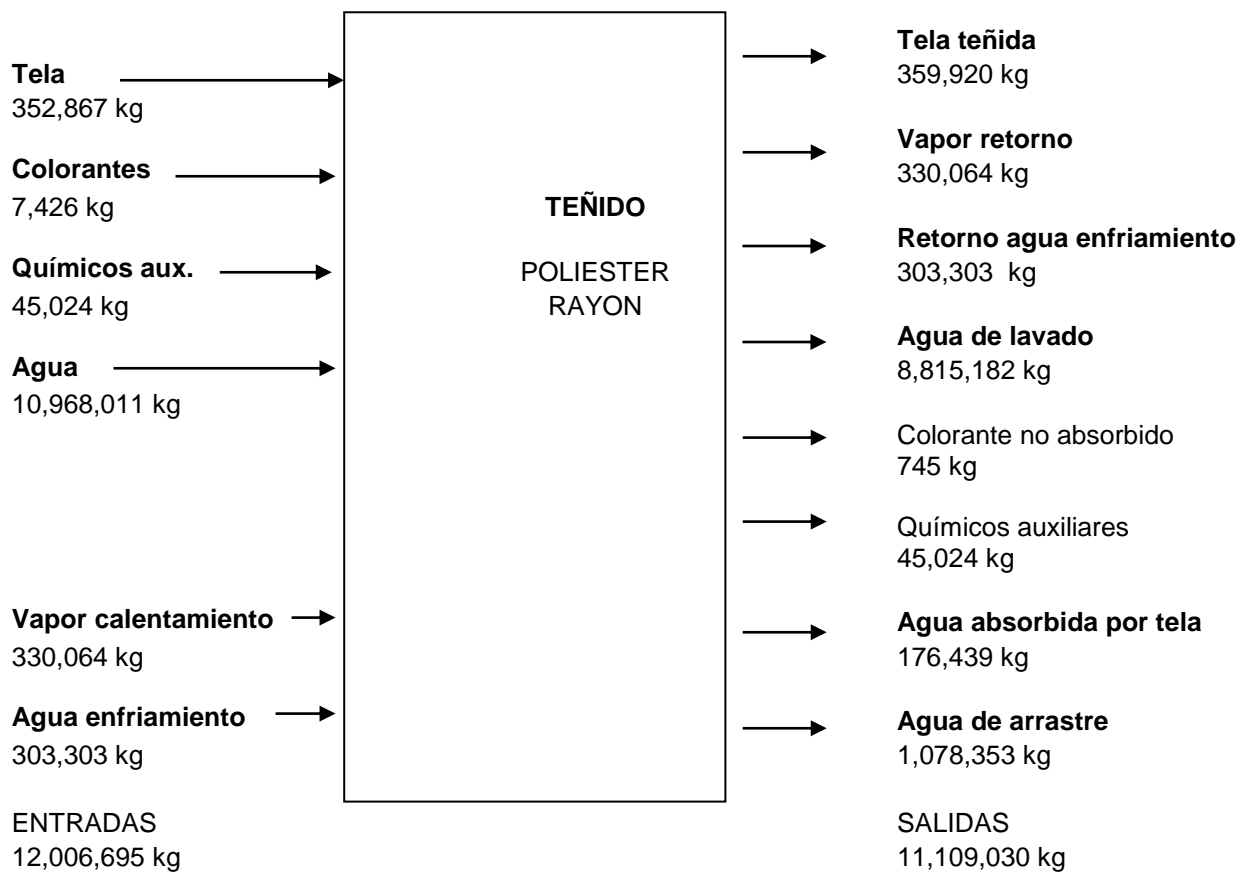


Figura 3.10 Balance de materia anual del teñido de poliéster-rayón en jet tubular



En este balance de materia existe una diferencia entre las entradas y salidas de 897 ton, que representa el 7.5% del total. Que es significativamente mayor que el mostrado en el balance para el teñido de poliéster, que es del 1.4%. Aunque ambos procesos tienen un control computarizado, la diferencia porcentual no radica en el control de proceso, sino en la salida del producto, porque la cantidad de agua en el tanque es la misma en el último enjuague.

No se pueden comparar los balances de materia anual del proceso de teñido de poliéster y teñido de poliéster-rayón, por la diferencia de lotes que se trabajan, pero si se pueden comparar los índices de consumo, mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 3.13 Índices de consumo y descarga del proceso de teñido de poliéster-rayón

INDICES DE CONSUMO (U=Ton prod)		INDICES DE DESCARGA (U=Ton prod)	
Agua	30.5 m <sup>3</sup> /U	Agua de proceso	24.5 m <sup>3</sup> /U
Colorantes	20.6 kg/U	Agua de arrastre	3.0 m <sup>3</sup> /U
Químicos auxiliares	125.1 kg/U	Agua absorbida por tela	0.5 m <sup>3</sup> /U
Vapor	0.9 ton/U	Colorantes no absorbidos	2.1 kg/U
Agua enfriamiento	0.8 m <sup>3</sup> /U		

Se puede apreciar que el aumento solo se produce en el agua, colorantes y químicos auxiliares, no en el vapor y el agua de enfriamiento. Lo que indica las ventajas de este proceso, porque se entinta el rayón, sin utilizar vapor adicional, que es el insumo de mayor costo para la empresa.

El consumo de agua aumenta 26% y el colorante 19%, sin embargo, para este último, se tiene que notar que el colorante para poliéster es constante, agregándose únicamente los colorantes directos para rayón.

### 3.2.1.5 TEÑIDO DE RAYÓN EN JIGGER

Figura 3.11 Diagrama de las entradas y salidas para el teñido de rayón en jigger

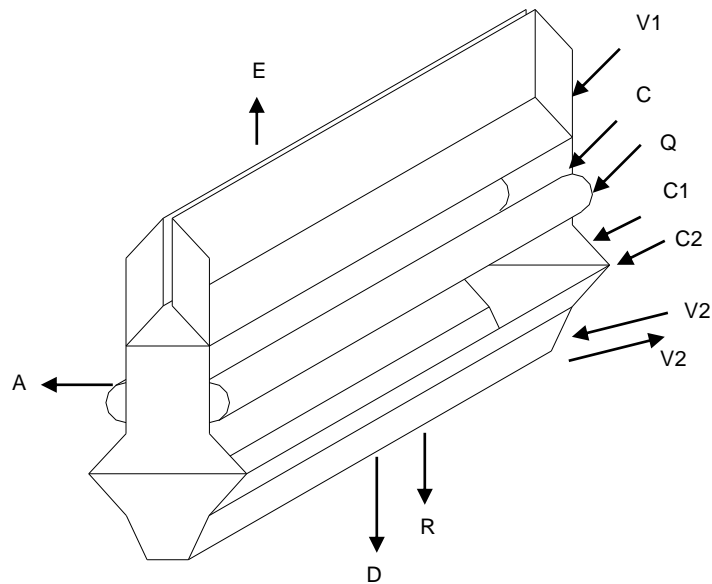
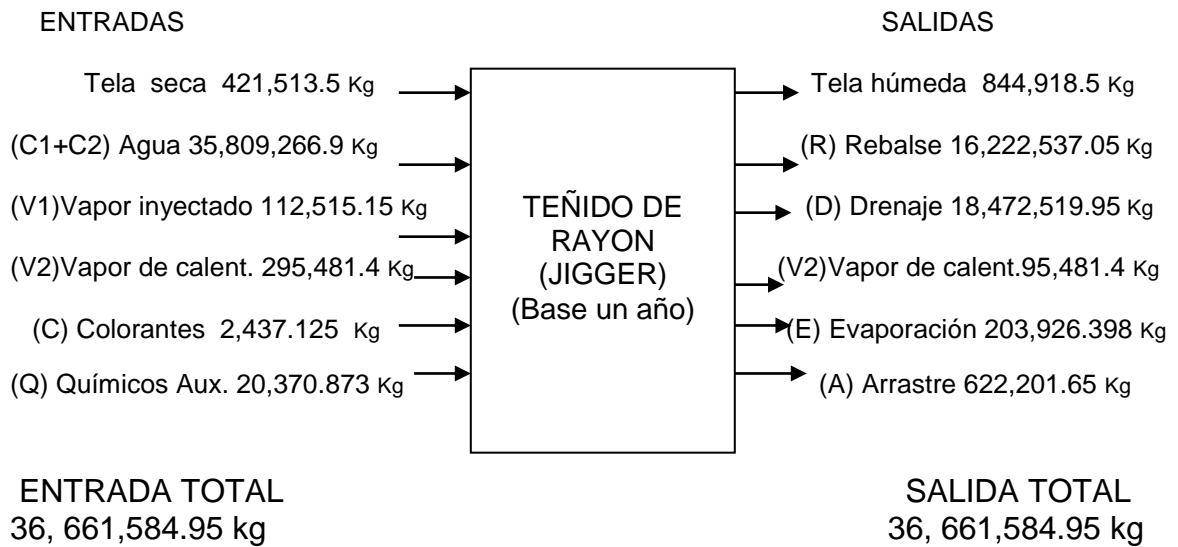


Figura 3.12 Resultado del balance de materia (base un año)



En el teñido de jigger el consumo más grande es el agua. La mayor cantidad de agua utilizada durante el proceso es en lavado final, donde el agua entra y sale constantemente para eliminar la mayor parte del colorante de la misma.

Tabla 3.14 Indicadores de consumo y descarga para el teñido de rayón en jigger

INSUMO	INDICE	DESCARGA	INDICE
Agua	63.6 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado	Agua con colorantes y químicos auxiliares	62.7 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado
Vapor	0.72 ton métrica de vapor / ton de producto terminado	Evaporación	0.23 ton métrica de evaporación / ton de producto terminado

En la tabla de los indicadores se visualiza que se consumen grandes cantidades de agua dentro del proceso, así mismo a pesar de que el vapor no se consume en la misma proporción del agua, este simboliza una gran proporción del mismo.

### 3.2.1.6 RESINADO DE TELA

Figura 3.13 Diagrama de entradas y salidas del resinado de tela

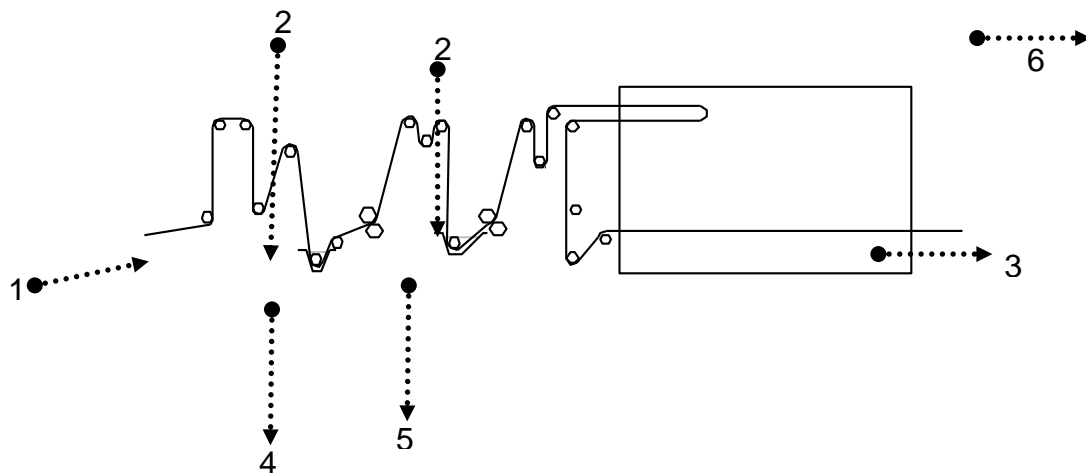
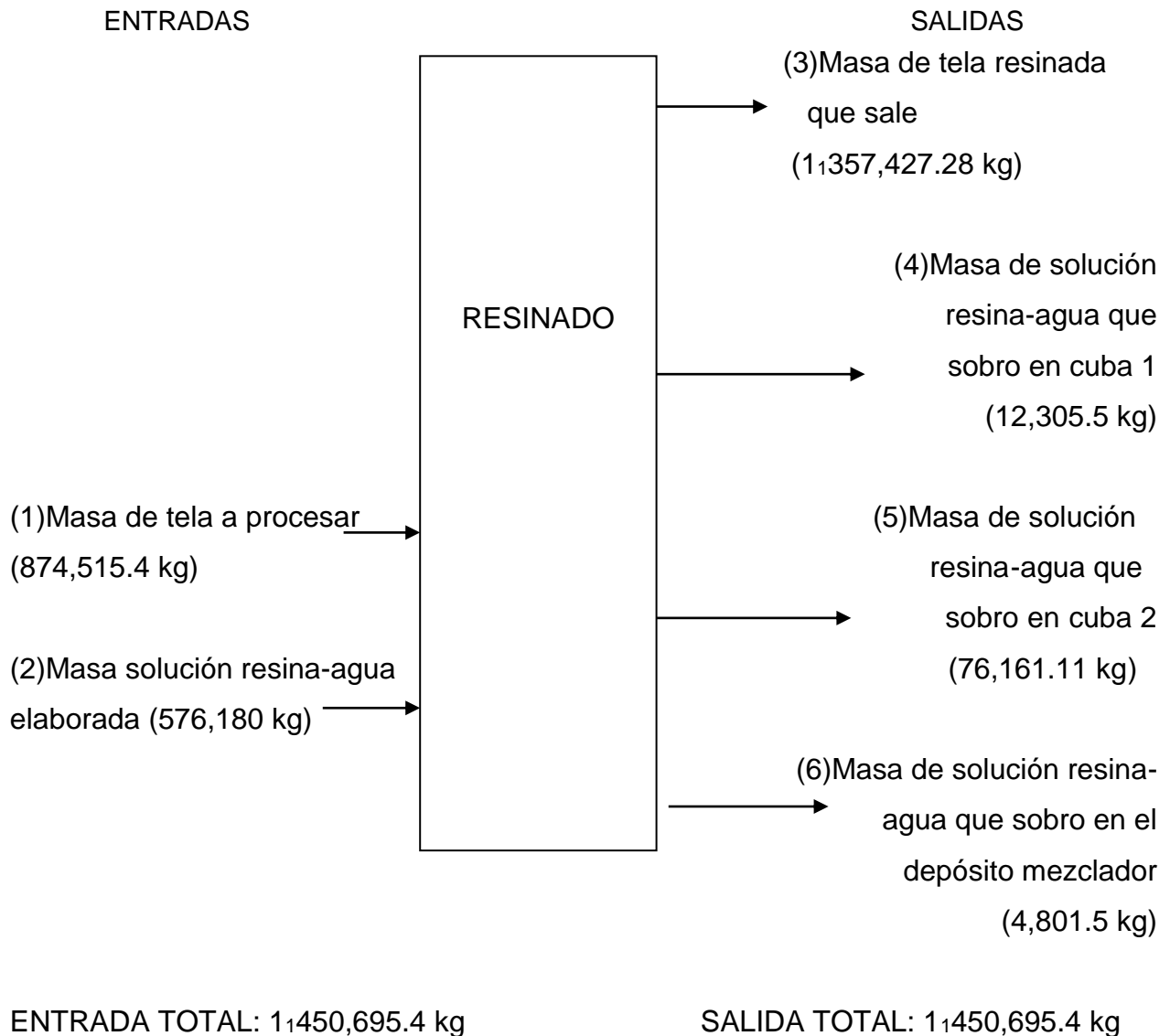


Figura 3.14 Resultado del balance de materia anual del resinado de tela



En este proceso hay tres fuentes principales de desperdicio, los restos de solución resina-agua que sobran en las cubas y el que sobre en el depósito mezclador, aunque se pueden reutilizar después de cierto tiempo la solución se plastifica y queda inutilizada.

Este proceso es único ya que los únicos residuos son las resinas, estas en comparación al agua son de muy bajo volumen pero debido a que es un compuesto poco diluido, y compuesto por un serie de elementos sintéticos es el más contaminante, por lo que aunque en volumen no lo aparenten, es muy importante

encontrar alternativas, como se puede apreciar si se redujeran las dimensiones de la cuba y del depósito mezclador se podrían disminuir las descargas, esto como un rápido adelanto de las alternativas que se presentan más adelante.

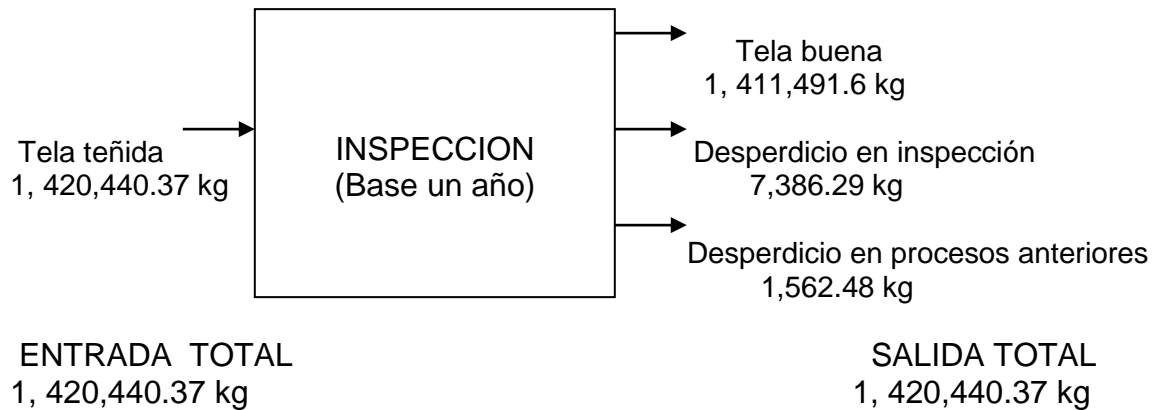
Tabla 3.15 Indicadores de consumo y descarga para el resinado

INSUMO	INDICE	DESCARGA	INDICE
Agua	0.39 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado	agua, colorantes y químicos disueltos	0.07 ton / ton de producto terminado
Vapor	0.00 ton métrica de vapor / ton de producto terminado		
Agua de enfriamiento	0.00 ton métrica de vapor / ton de producto terminado		

Se puede apreciar que el consumo de agua es mínimo (solamente se utiliza como parte de la solución resina-agua), y como el volumen de las descargas es pequeño el índice respectivo presenta un valor insignificante, pero hay que advertir que estos datos serán utilizados junto con los resultados de los análisis físico-químicos, para determinar prioridades.

### 3.2.1.7 INSPECCION DE CALIDAD

Figura 3.15 Diagrama del Balance de materia en la inspección



Desde el inicio del proceso de acabado hasta inspección, cada pieza va perdiendo medida debido a la unión realizada entre piezas, al pasar de un proceso a otro y por mala disposición de la tela en el área de inspección, ya que se coloca un código de identificación a cada pieza, solo un 98.6% de tela se vende al mercado a precio normal.

### 3.2.2 PERDIDAS DE CALOR

#### 3.2.2.1 PÉRDIDA DE CALOR POR TUBERIAS DESCUBIERTAS

La pérdida de calor por tuberías no aisladas se obtuvo a través de mediciones de tuberías que no presentaran ningún tipo de aislamiento térmico, además de las respectivas temperaturas de cada tubería mediante el uso de una termocupla. Para obtener el calor total perdido por hora se utilizó la tabla de “Pérdidas de Calor en Tuberías Descubiertas” (Manual Selmec de Calderas).

Tabla 3.16 Calor perdido en tuberías descubiertas (KJ/hora)

	DIAMETRO DE TUBERIA PULG.	TEMP °F	TEMP AMB °F	TEMP Δ °F	CALOR PERDIDO EN TUBERIAS (BTU / HORA* PIE)	LONGITUD DE TUBERIA (PIE)	CALOR PERDIDO EN TUBERIAS (BTU / HORA)	CALOR PERD. EN TUBERIAS (KJ / HORA)
1	1.3780	277.88	92.66	185.22	225.16	1.77	398.9055118	420.87
2	1.3780	188.96	92.66	96.3	96.49	1.77	170.9468504	180.36
3	0.7874	325.94	92.66	233.28	190.98	3.02	576.4488189	608.18
4	0.7874	188.06	92.66	95.4	58.33	0.75	44.01541995	46.44
5	1.3780	314.78	92.66	222.12	291.37	8.53	2485.439633	2622.27
6	1.3780	214.16	92.66	121.5	129.66	44.88	5819.385827	6139.76
7	0.9843	323.6	92.66	230.94	224.1	3.44	771.9980315	814.50
8	0.9843	304.7	92.66	212.04	197.83	3.05	603.6151575	636.85
9	0.9843	212.54	92.66	119.88	92.62	2.95	273.484252	288.54
10	4.3307	168.44	92.66	75.78	200.9	2.62	527.2965879	556.33
11	2.5591	183.92	92.66	91.26	150.4	15.49	2329.028871	2457.25
12	2.7559	333.5	92.66	240.84	586.13	0.62	365.3697507	385.48
13	1.3780	211.64	92.66	118.98	126.25	1.87	236.0974409	249.10
14	1.9685	266.72	92.66	174.06	272.22	1.13	308.1230315	325.09
15	1.9685	283.82	92.66	191.16	308.55	3.05	941.4419291	993.27
16	1.3780	274.82	92.66	182.16	220.21	0.98	216.742126	228.67
17	5.1181	346.46	92.66	253.8	1125.41	2.53	2843.06332	2999.58
18	5.1181	342.5	92.66	249.84	1097.24	3.48	3815.860892	4025.93
19	2.3622	294.98	92.66	202.32	388.95	6.07	2360.752953	2490.72
20	5.1181	283.46	92.66	190.8	746.2	1.94	1444.41601	1523.93
21	1.3780	258.26	92.66	165.6	193.44	0.98	190.3937008	200.88
22	1.3780	282.02	92.66	189.36	231.85	0.98	228.1988189	240.76
23	1.3780	266.54	92.66	173.88	206.83	0.98	203.5728346	214.78
24	3.5433	248	92.66	155.34	400.74	3.77	1511.978346	1595.22
25	3.5433	217.94	92.66	125.28	305.36	3.58	1092.002625	1152.12
26	0.6894	326.66	92.66	234	175.92	0.54	95.23228346	100.48
								31497.34

El calor total perdido por tuberías no aisladas es de 31,497.34 KJ/hora.

### 3.2.2.2 PERDIDA DE CALOR POR FUGAS

La pérdida de calor por fugas, se origina en las tuberías desgastadas, picadas, las cuales a través de orificios muy pequeños, se pierde cierta cantidad de vapor. Las fugas se obtuvieron a través de mediciones de los orificios. Mediante el uso de una tabla de “Pérdidas de Vapor por Fugas” (Manual Selmec de Calderas), se obtuvo el vapor total perdido por hora, tomando en consideración la presión de caldera de 5.3 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 3.17 Calor perdido por fugas (kg/h)

	DIAMETRO mm	No. AGUJEROS	VAPOR Kg/Hr
1	1.5	1	4.59
2	3	1	18.24
3	1.5	74	339.66
			362.49

El vapor total perdido por fugas es de 362.49 kg/h

### 3.2.3 ANÁLISIS ELÉCTRICO DE MOTORES

#### COMPARACIÓN DE CAPACIDAD DE MOTORES Y CONSUMO REAL

*Capacidad nominal de motores:* Se obtiene por especificaciones técnicas de la placa del motor.

*Consumo real:* Se realiza una medición en el sitio de la corriente y el voltaje, para obtener la potencia.

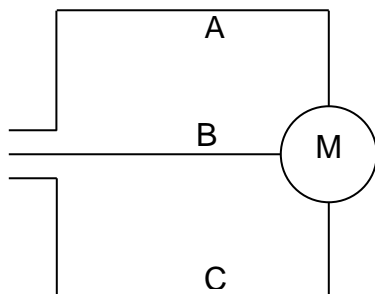
*Procedimiento de medición del consumo real:* Se ubica las líneas de alimentación del motor, si se desconoce si es motor AC o DC, se procede a identificarlo. Una forma de hacerlo es contabilizando las entradas al motor:

*Motor AC:* Lleva tres líneas de entrada, generalmente de calibre elevado en el alambre.

*Motor DC:* Tiene cuatro líneas de entrada, generalmente dos de ellas son de un mayor calibre que las restantes.

*Medición de voltaje:* Instrumento: Voltímetro, puede encontrarse el un multímetro.

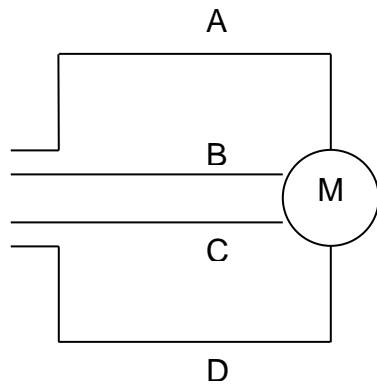
Figura 3.16 Puntos de medición para motores AC



$V_{AB}$ ,  $V_{AC}$ ,  $V_{BC}$

Si los tres voltajes son iguales, se puede concluir que es trifásico, de lo contrario, se toma como un motor bifásico.

Figura 3.17 Puntos de medición para motores DC



$V_{AD}$

Se toma el voltaje de las entradas de calibre mayor

Medición de corriente:

Instrumento: Amperímetro, puede encontrarse en un multímetro o un Amp-probe, la ventaja de este último es que no necesita abrir el circuito para poder realizar la medición. Es con este que se realizaron las mediciones en la empresa.

Puntos de medición para motores AC:

Figura 3.18 Medición con el amp-probe

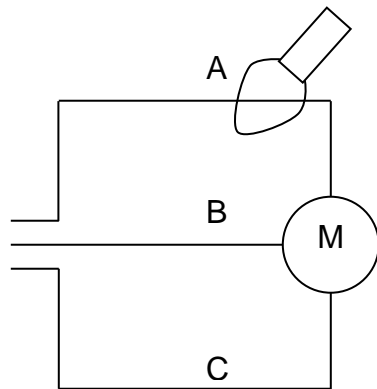
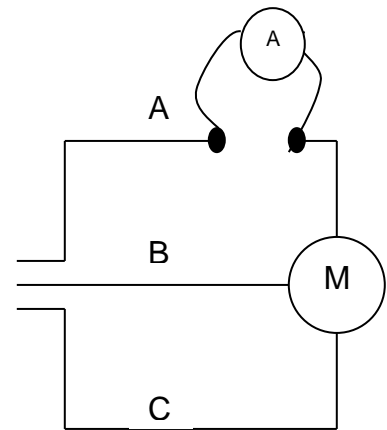


Figura 3.19 Medición con amperímetro



Teóricamente tendrían que dar las tres corrientes iguales, pero esto es poco usual, por lo que se toma la corriente de mayor valor para el cálculo de potencia.

Puntos de medición para motores DC:

Para los motores DC no se puede utilizar el amp-probe, por lo que se tendría que utilizar el amperímetro. En este caso únicamente existirá una corriente.



observo un estado no optimo, debido en parte al deterioro de las elementos, tales como ventiladores, puertas, canaletas, pisos, etc.

Cabe también mencionar la existencia de un mezanine (Ver ubicación en figura 3.20) abandonado, que no posee escalera ni rampa de acceso, y es utilizado como bodega de herramientas, materiales y otros objetos abandonados. Siempre en este mismo punto se observaron en el área propia de almacenaje, mas de estos elementos abandonados.

La seguridad si bien presenta deficiencias cumple en su mayoría con las condiciones mínimas de seguridad, los defectos que presenta son: Recipientes de químicos y colorantes sin su respectiva tapadera, lo cual provoca que al entrar al almacén se sienta una sensación de picazón en la nariz, además esto puede llevar a la creación de nubes de polvo potencialmente explosivas, debido a las partículas suspendidas en el aire, pisos mojados, además se encuentra en la bodega un equipo que es utilizado en la preparación de la solución agua-colorante, este se encuentra colocado en un espacio entre los dispersantes y los antiespumantes, de esta manera se corre el riesgo de humedecer algún colorante o químico, con lo cual se perderían sus propiedades. Se agrega que no se disponen de todas las hojas con la información sobre el manejo y seguridad de los materiales, sino solamente para algunos.

En lo que respecta a la seguridad de los trabajadores la situación es muy parecida a la anterior, ya que no se utiliza mascarilla, y la piel esta expuesta al polvo de los colorantes, y químicos algunos de los cuales son sumamente irritantes según las hojas de seguridad de materiales.

## SEGURIDAD Y SALUD

En lo que respecta a la salud y seguridad de los empleados el panorama se asemeja bastante al descrito anteriormente. Las buenas condiciones incluyen un total de 26 extintores en toda el área de la planta, avisos dispuestos a la vista, en los cuales se alerta sobre situaciones inseguras que se deben evitar, disposición equipo de protección personal en las áreas que lo requieren, también existen carteleras en las cuales se pueden verificar las estadísticas de los accidentes, es decir se ha realizado

una evaluación sobre los riesgos, los empleados son capacitados en el uso de los extintores, y en como reaccionar ante casos de emergencia.

Es así como en general se puede hablar de condiciones aceptables. Pero siempre hay condiciones que se pueden mejorar como: Las tuberías por las cuales fluyen líquidos calientes en su mayoría están aisladas, pero algunos tramos no lo están, es así como pueden existir riesgos de quemaduras. El piso es liso, y debido a diseño de las maquinas, al sacar las telas hacia afuera de estas hay una cantidad importante de agua que cae al piso, por lo cual sumado a lo dicho al principio, el piso se vuelve muy liso lo cual puede provocar alguna caída.

### MANEJO DE MATERIALES

El manejo de materiales a de una maquina se realiza de una forma mixta, ya que básicamente la mayoría de las maquinas trabajan internamente de una forma automática, y el operario debe de programar el ciclo apropiado y proveer a las maquinas de las materias primas cuando la maquina las necesite (a excepción del vapor, agua y aire comprimido). Pero el traslado del producto de un subproceso al siguiente si se realiza de forma manual, y es por esta razón que se dan problemas de cruce de líneas y como al salir de las teñidoras las telas están empapadas, gotean agua y humedecen el piso haciéndolo proclive a generar caídas.

Si bien se entiende la limitante en el sentido que es muy difícil eliminar totalmente el manejo humano de materiales, este debe minimizarse, para evitar pérdidas, y contratiempos.

### 3.3 ANÁLISIS DE LA EMPRESA 2

#### 3.3.1 BALANCE DE MATERIA DE LA EMPRESA 2

##### 3.3.1.1 ENGOMADO DE LONA

Figura 3.21 Diagrama de entradas y salidas del proceso de engomado

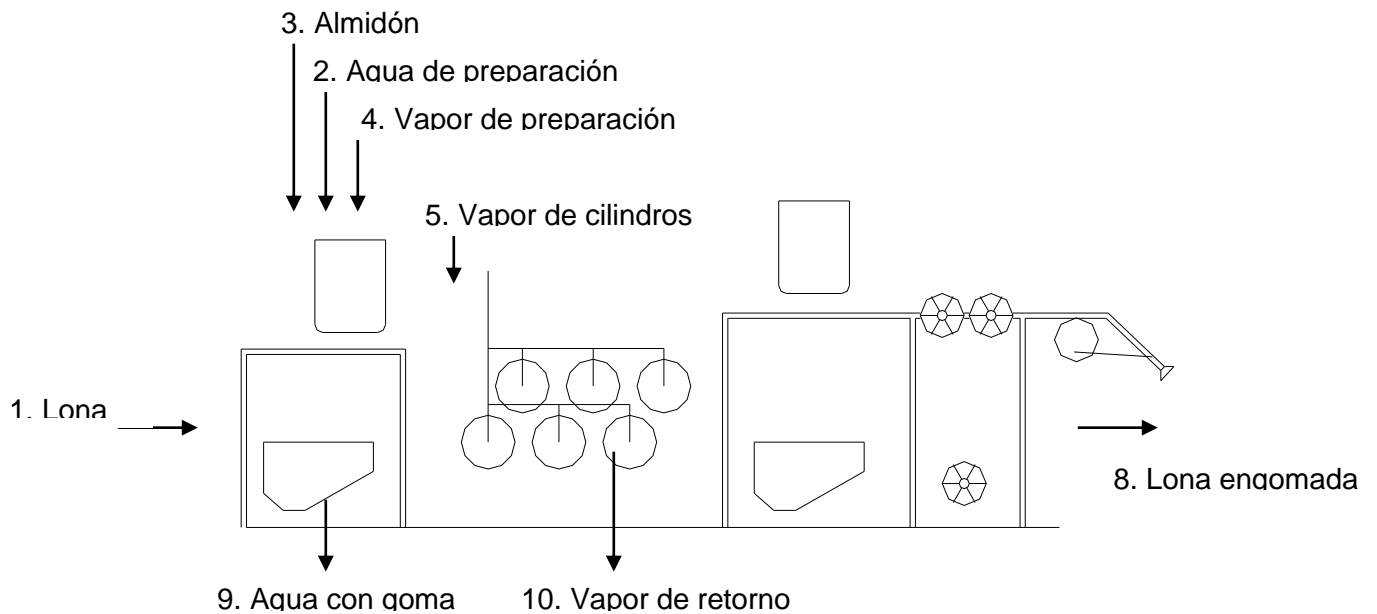
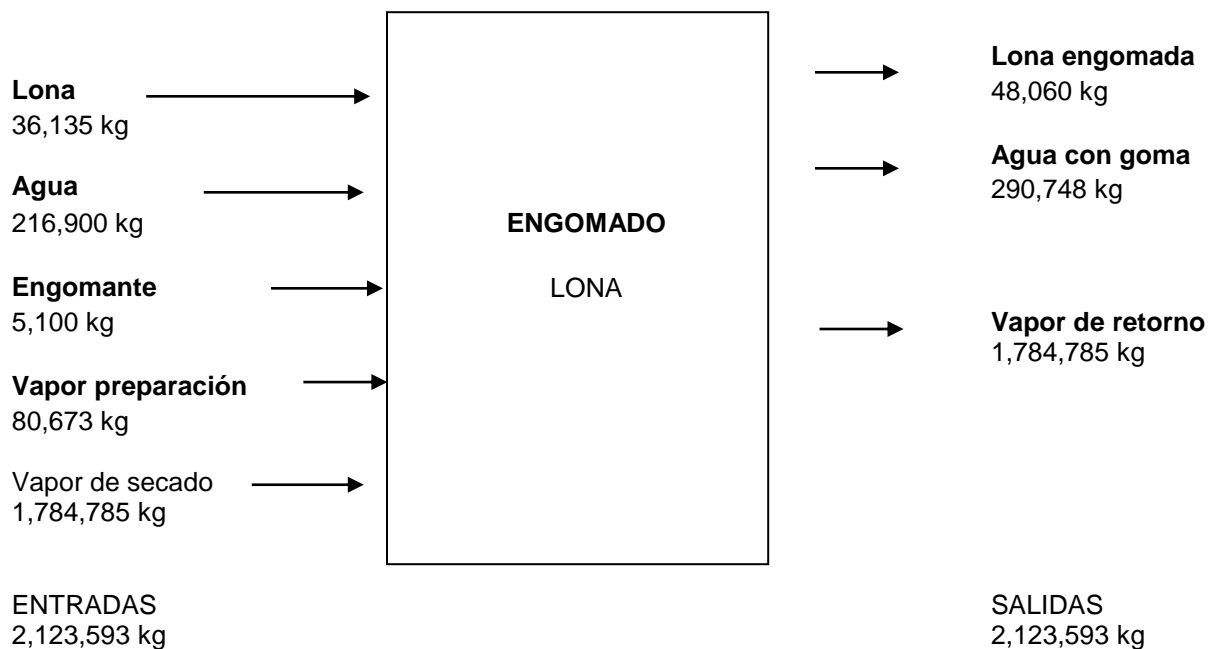


Figura 3.22 Balance de materia anual del engomado de lona



En este balance de materiales, la entrada es igual a la salida, que es producto del cierre del balance en la descarga de agua con goma.

De los valores de entrada y salida, se obtienen índices de consumo y descarga, a partir de la masa de cada elemento contra la cantidad de producto procesado en esa operación. Aquí se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.18 Índice de consumo y descarga para el proceso de engomado de lona

INDICES DE CONSUMO (U=Ton prod)		INDICES DE DESCARGA (U=Ton prod)	
Agua	4.5 m <sup>3</sup> /U	Descarga final	6.0 m <sup>3</sup> /U
Engomante	0.1 ton/U		
Vapor de preparación	1.7 ton/U		
Vapor de secado	37.1 ton/U		

Al comparar los valores resultantes con los de los procesos de la empresa 1, se obtiene que se necesita de una menor cantidad de agua para realizar el proceso, que es consecuencia del tipo de producto que se procesa, ya que solo requiere un baño con el material engomante, que unido al menor grado de calidad requerido, produce la disminución tan drástica mostrada.

Aunque el problema de descarga final es menor para este proceso, no significa que es un proceso eficiente, porque tiene un consumo elevado de vapor, para la calidad que se necesita. Por lo que los esfuerzos por cambiar este proceso fueron enfocados a reducir este insumo, que es el que más costos genera para la empresa.

### 3.3.1.2 ENCERADO DE LONA

Figura 3.23 Diagrama de entradas y salidas del proceso de encerado

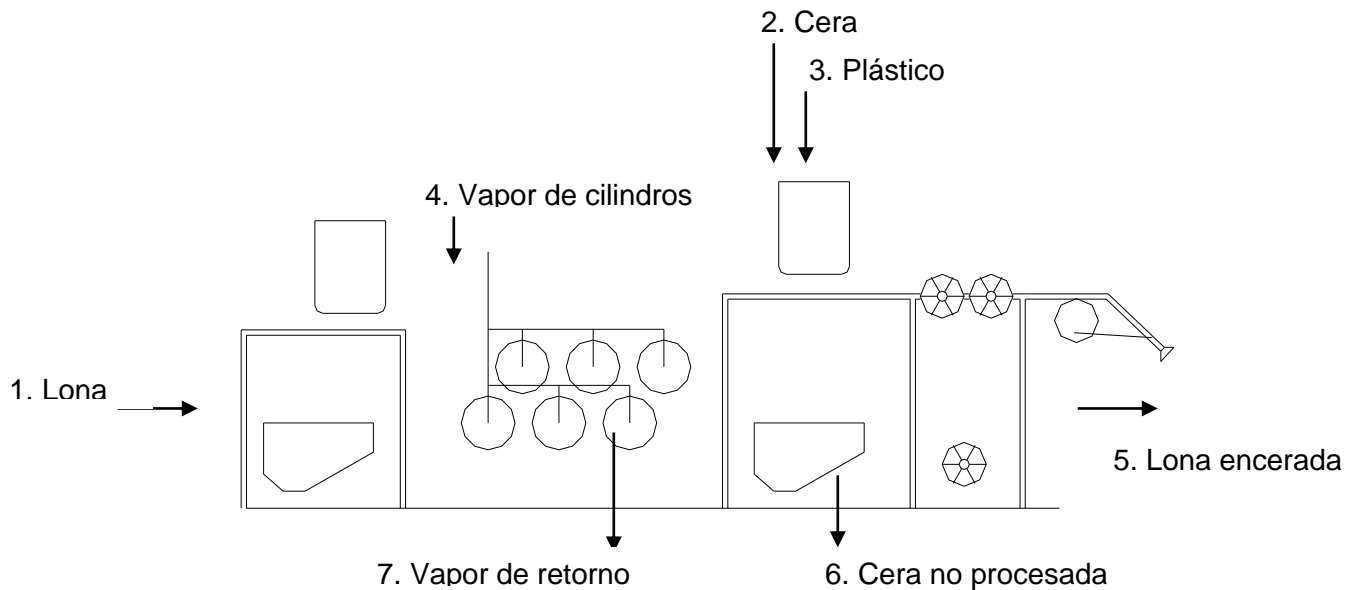
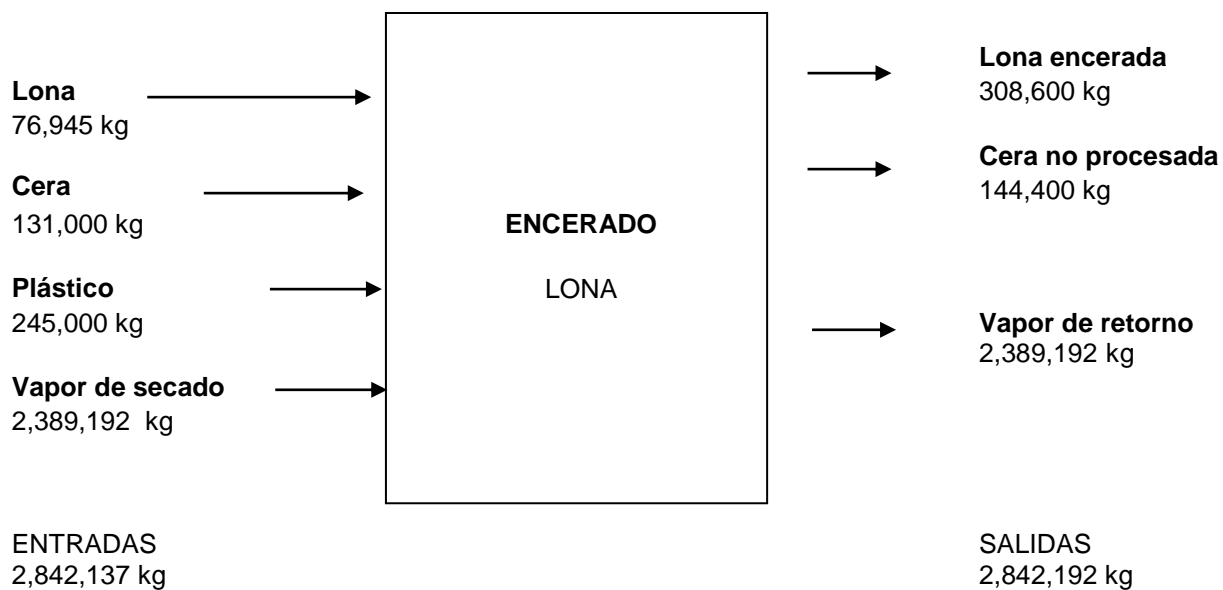


Figura 3.24 Balance de materia anual para el proceso de encerado de lona



La diferencia entre la entrada y salida del balance de materiales es prácticamente nulo, que es producto de la estabilidad de los productos utilizados, aunque se asume que todo el vapor retorna a la caldera.

De estos valores, se pueden obtener índices de consumo y descarga, a partir de la masa de cada elemento contra la cantidad de producto procesado en esa operación. Aquí se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.19 Índices de consumo y descarga para el proceso de encerado de lona

INDICES DE CONSUMO (U=Ton prod)		INDICES DE DESCARGA (U=Ton prod)	
Cera	0.4 ton/U	Cera no procesada	0.5 ton/U
Plástico	0.8 ton/U		
Vapor de secado	7.7 kg/U		

Las cantidades de materiales utilizados son mínimos, comparados con la masa total del producto terminado, pues estos no sobrepasan el 2% de la masa total del producto terminado.

La salida del proceso no se dirige a algún cuerpo receptor, sino que se reprocesa dentro de la planta, para posteriores encerados. A pesar de que no se descarga, la cera no procesada tiene un relativo valor elevado, comparado con las entradas al proceso, ya que casi el 35% debe ser reprocesado, lo que implica costos de calentamiento y mano de obra para la empresa. Por lo que evitar esta salida debe ser una de las principales razones de mejoramiento del proceso.

El vapor, que es el elemento de mayor costo en la empresa, tiene un consumo menor en esta operación que el engomado de lona, a pesar de que ambos se realizan en la misma máquina para procesarlo. La diferencia principal radica en el hecho de que la lona encerada tiene un mayor peso por metro de producto que la lona engomada, que presenta un 0.1% de masa agregada a la lona al final del proceso, que implica que la lona encerada es 0.5% más pesada que la lona engomada.

### 3.3.1.3 TEÑIDO DE LA FRANELA

Figura 3.25 Diagrama de entradas y salidas del proceso de teñido de franela

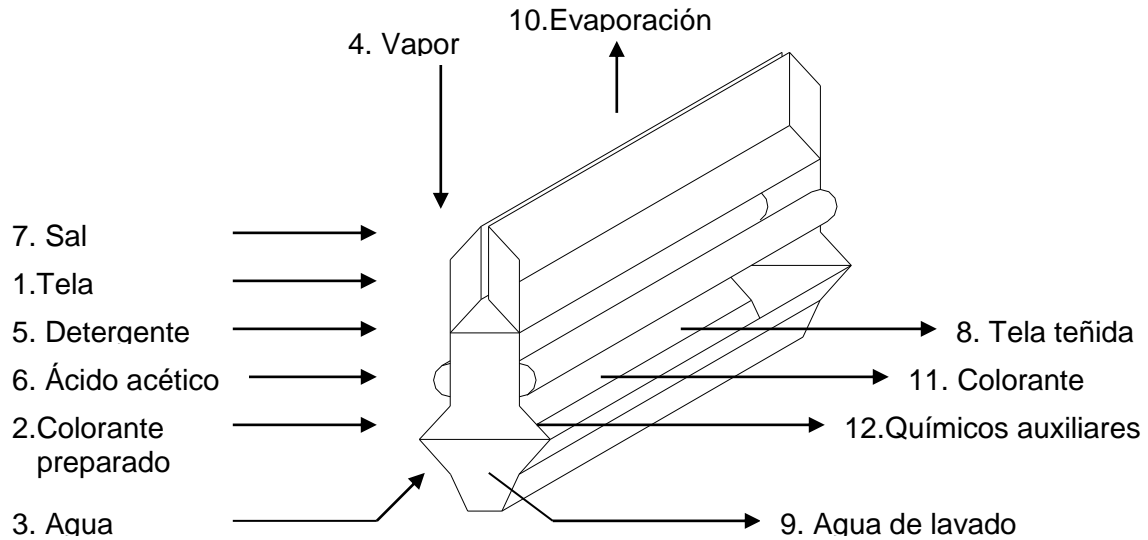
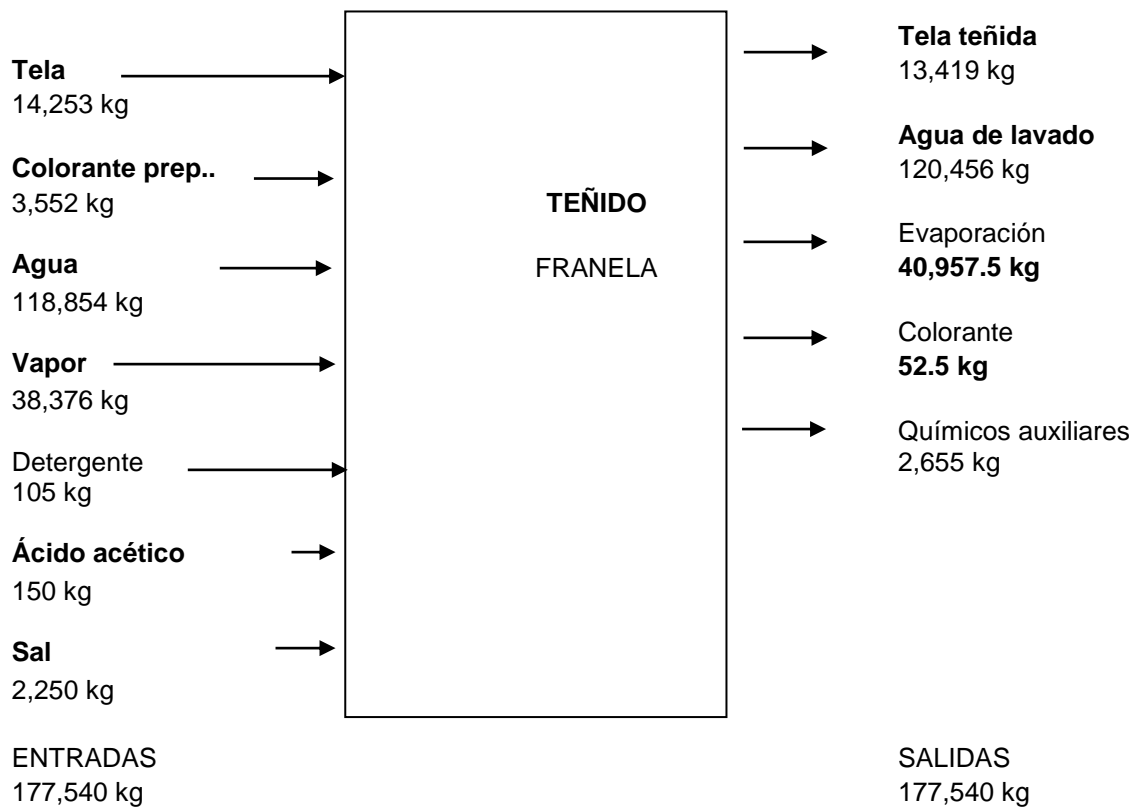


Figura 3.26 Balance de materia en el teñido de franela en máquina jigger por año



El balance de materiales muestra que las entradas y salidas del proceso son iguales, lo que es posible gracias a que una de las variables se utilizó para cerrar el balance. En este caso, por la complejidad de su medición, se asumió que la totalidad de la salida restante del proceso debería corresponder a la evaporación. Así que esta variable debería absorber las pequeñas variaciones que pudieron producirse las mediciones en el proceso.

De estos valores, se pueden obtener índices de consumo y descarga, a partir de la masa de cada elemento contra la cantidad de producto procesado en esa operación. Aquí se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.20 Índices de consumo y descarga para el proceso de teñido de franela

INDICES DE CONSUMO (U=Ton prod)		INDICES DE DESCARGA (U=Ton prod)	
Agua	8.9 m <sup>3</sup> /U	Agua de lavado	9.0 M <sup>3</sup> /U
Colorante preparado	0.3 ton/U	Evaporación	3.1 ton/U
Químicos auxiliares	0.2 kg/U	Colorante no absorbido	3.9 Kg/U
Vapor	2.9 ton/U	Químicos auxiliares	0.2 Kg/U

De los índices de consumo, se observa que al igual que en la empresa 1, el agua es el insumo de mayor consumo para los procesos de teñido, aunque en este caso es significativamente menor, por la calidad necesaria para el producto, que necesita de un menor lavado para poder obtenerse.

El colorante preparado es una solución compuesta de colorante y agua, que se desarrolla en un proceso anterior (Para más información ver anexo D). Que utiliza el colorante, agua y vapor para su preparación. En la tabla solamente se muestra la sumatoria de estos insumos.

De esta tabla se puede concluir, que el proceso de teñido de rayón en jigger es uno de los procesos más estables del acabado de la tela, porque se produce con poca cantidad de agua y relativamente poco vapor, manteniendo el uso de colorantes y químicos auxiliares en pequeña escala, aunque esto no significa que no pueda mejorarse. La descarga aún es significativa y la evaporación es elevada.

Los elementos críticos en este caso son el agua, por su volumen de uso y el vapor, por su costo de producción.

### 3.3.1.4 TEÑIDO DE LONA

Figura 3.27 Diagrama de entradas y salidas en el teñido de lona en jigger

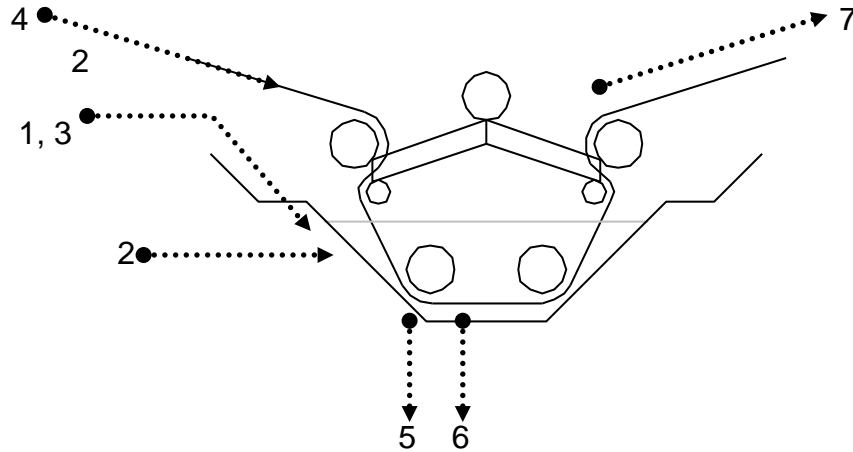
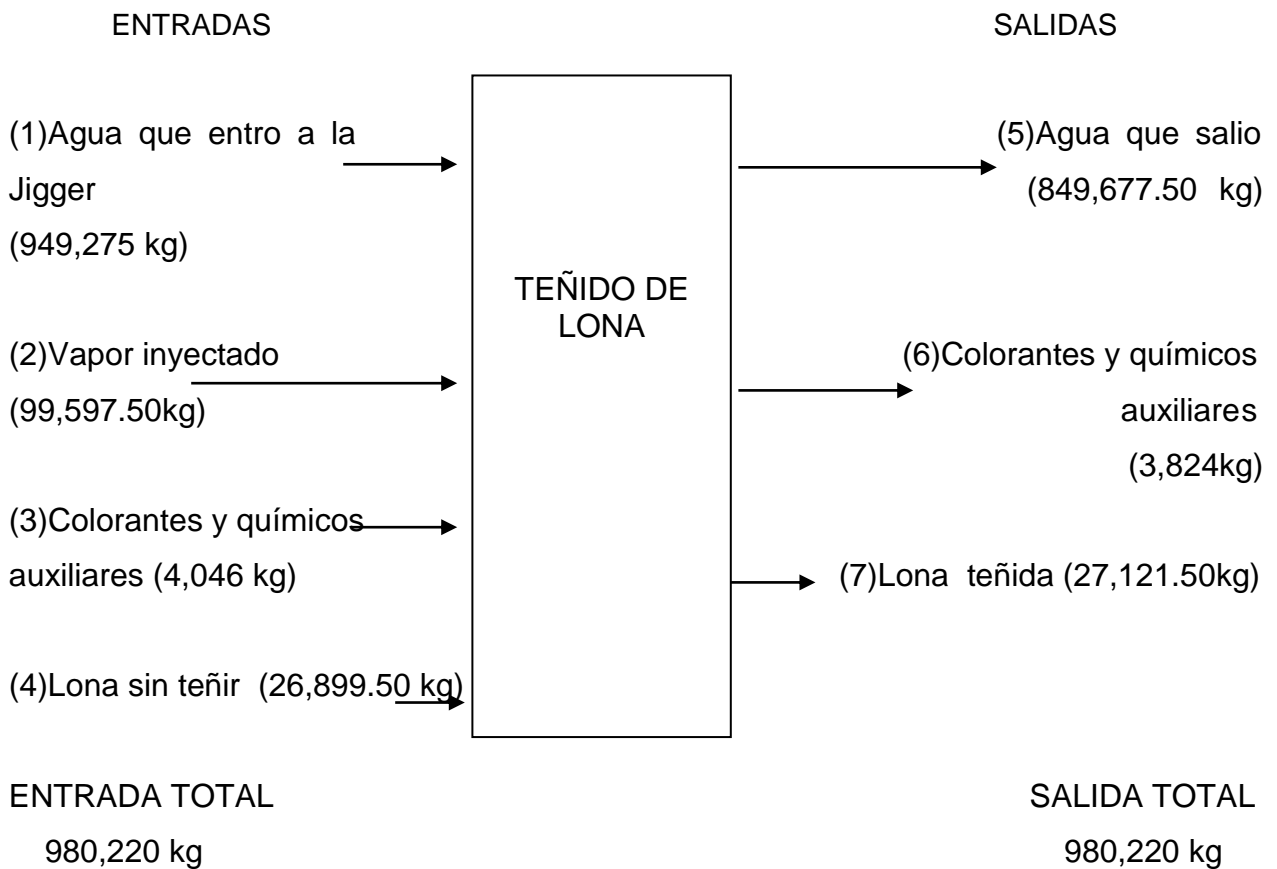


Figura 3.28 Resultado del balance de materia en el teñido de lona (datos para un año)



Como se puede observar las entradas y salidas están bien definidas y esto proporciona la oportunidad de observar la enorme cantidad de agua que se consume y el vapor que al condensarse es desechado por la cañería, un cambio a un sistema de calentador cerrado evitaría este problema, disminuyendo el consumo de vapor, y lo que es más importante de los combustibles que son utilizados para generarlo.

Esta característica de entradas y salidas definidas llevara a buscar soluciones más complejas para aumentar la eco-eficiencia del proceso, ya que no existen descargas poco claras en cuanto a su necesidad, fugas, o errores fácilmente visibles. A diferencia de otros procesos aquí la lona entra en una sola pieza, por lo que no hay retazos desperdiciados.

Tabla 3.21 indicadores de consumo y descarga para el teñido de lona

(kg de insumo/ kg de producto terminado)		(kg de descarga/ kg de producto terminado)	
INSUMO	ÍNDICE	DESCARGA LIQUIDAS	ÍNDICE
agua	31.3	agua, colorantes y químicos disueltos	35.14
vapor	3.67		

El índice de consumo de agua es ligeramente mayor, lo cual es lógico tomando en cuenta que acá se incluyen los químicos y tintes, estos índices podrán servir en un futuro como referencia para determinar cuanto de ha mejorado el proceso, y por supuesto al compararlos con los índices de las demás máquinas se podrá priorizar, los procesos que son menos eficientes.

### 3.3.1.5 PLASTIFICADO

Figura 3.29 Diagrama de entradas y salidas de la plastificadora.

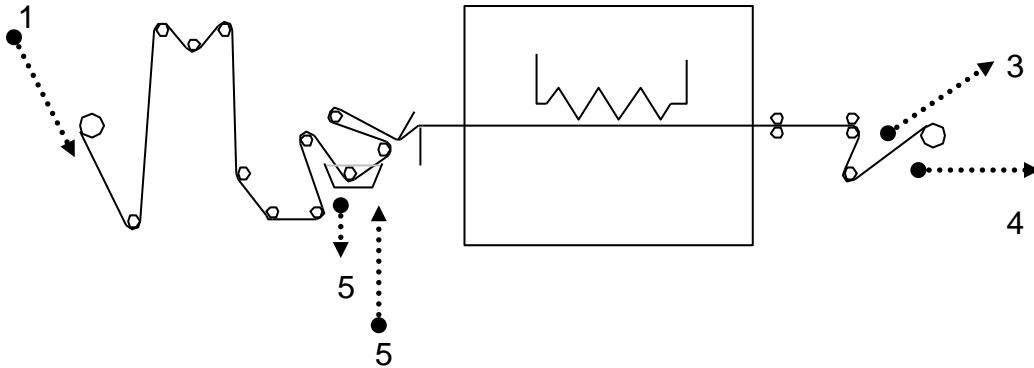
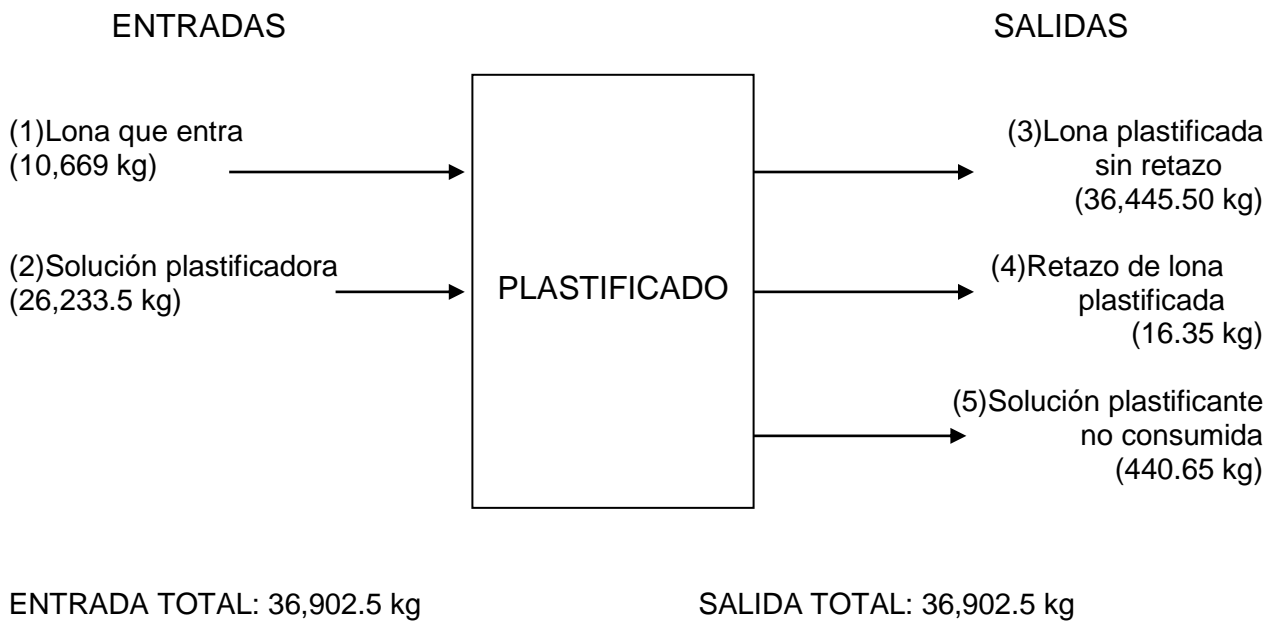


Figura 3.30 Resultado del balance de materia (datos para un año)



El plastificado es un proceso simple y rápido, por lo que es fácil de analizar, los resultados del balance muestran que si bien los retazos de lona plastificada que se pierden representan una pequeña cantidad mensual no se deben de menospreciar ya que son producto final botado a la basura.

La salida número 5 es la solución que sobro en el proceso, esta es recolectada para un nuevo lote del mismo color, aunque siempre quedan sobrantes en laas paredes de la cuba y de los recipientes. Esta imprecisión da la oportunidad para determinar una fórmula con cantidades reducidas de componentes a modo que al final la solución no consumida es menor o llegar a eliminarla por completo.

Tabla 3.22 Indicadores de consumo para la plastificadora

(kg de insumo/ kg de producto terminado)	
INSUMO	ÍNDICE
Solución plastificante	0.719

Este índice presenta la dificultad de no poder comparado. Si bien los índices son pequeños los componentes de la solución plastificante son de costo elevado, por lo que un pequeño desperdicio representa una cantidad considerable de dinero no productivo, en este caso los índices de descarga no se presentan porque como se dijo antes no existen descargas. Los mismos residuos de plastificante en los depósitos y en la cuba generan problemas respiratorios en los trabajadores, El problema aquí es puntual y de volumen pequeño, pero no por eso no problemático.

### 3.3.1.6 TEÑIDO DE HILOS

Figura 3.31 Diagrama de entradas y salidas del teñido de hilos

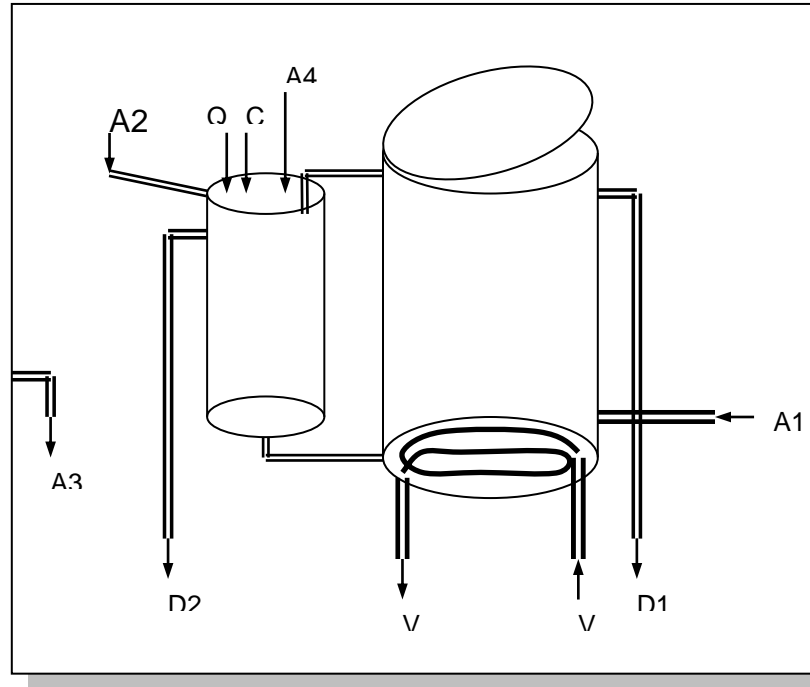
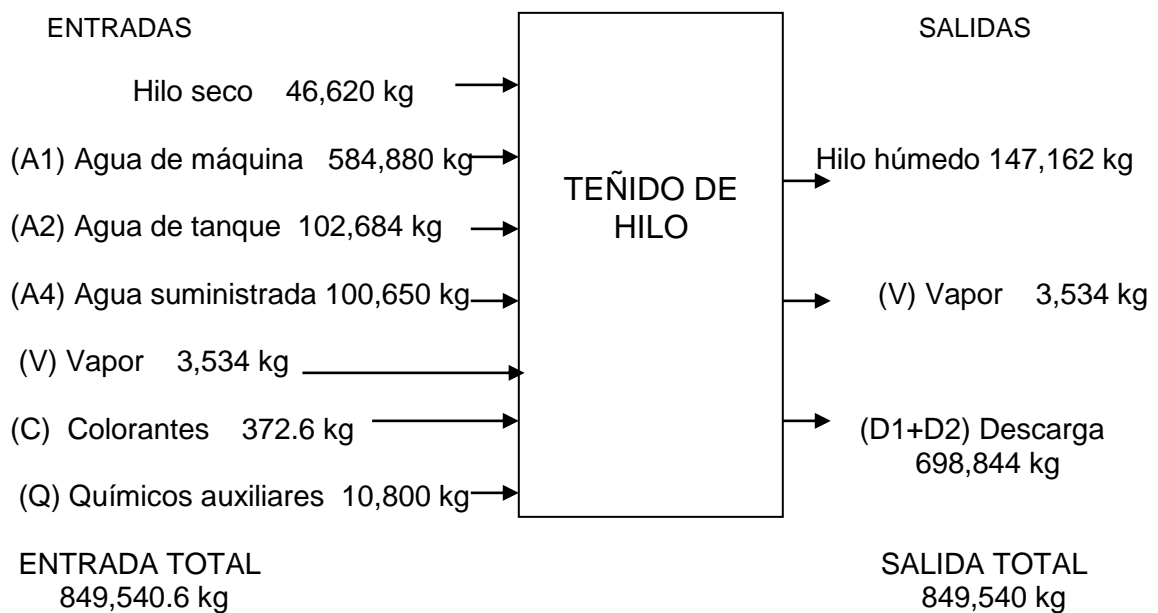


Figura 3.32 Resultado del balance de materia (Base un año)



En el teñido de hilo el insumo más utilizado es el agua, debido a que el proceso se realiza en una autoclave, la cual para el teñido debe estar completa de agua. La mayor cantidad de agua utilizada durante el proceso es en lavado final, donde el agua entra y sale constantemente para eliminar la mayor parte del colorante del mismo.

Tabla 3.23 Indicadores de consumo y descarga para el teñido de hilo

INSUMO	INDICE	DESCARGA	INDICE
Agua	5.35 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado	Agua con colorantes y químicos auxiliares	4.74 m <sup>3</sup> de agua / ton de producto terminado
Vapor	0.02 ton métrica de vapor / ton de producto terminado		

En la tabla de los indicadores se visualiza que se consumen grandes cantidades de agua dentro del proceso, así mismo a pesar de que el vapor no se consume en la misma proporción del agua, este simboliza una gran proporción del mismo.

### 3.3.2 PERDIDAS DE CALOR

#### PÉRDIDA DE CALOR POR TUBERIAS DESCUBIERTAS

La pérdida de calor por tuberías no aisladas se obtuvo a través de mediciones de tuberías que no presentaran ningún tipo de aislamiento térmico, además de las respectivas temperaturas de cada tubería mediante el uso de una termocupla. Mediante el uso de una tabla de “Pérdidas de Calor en Tuberías Descubiertas” (Manual Selmec de Calderas), se obtuvo el calor total perdido por hora.

Tabla 3.24 Calor perdido en tuberías descubiertas (KJ/hora)

	DIAMETRO DE TUBERIA PULG.	TEMP °F	TEMP AMB °F	TEMP Δ °F	CALOR PERDIDO EN TUBERIAS (BTU / HORA* PIE)	LONGITUD DE TUBERIA (PIE)	CALOR PERDIDO EN TUBERIAS (BTU/HORA)	CALOR PER. EN TUBERIAS (KJ/HORA)
1	1.1279	199.94	87.8	112.14	97.76	2.690288714	263.0026247	277.48
2	1.2500	246.92	87.8	159.12	170.33	29.56036745	5035.017388	5312.21
3	2.0051	258.98	87.8	171.18	270.06	13.97637795	3774.46063	3982.25
4	1.4412	210.2	87.8	122.4	202.3	24.27821522	4911.48294	5181.87
5	2.0051	247.28	87.8	159.48	244.83	11.22047244	2747.108268	2898.34
6	0.8772	125.06	87.8	37.26	21.09	11.45013123	241.4832677	254.78
7	0.9399	255.2	87.8	167.4	137.57	12.20472441	1679.003937	1771.44
8	0.9399	260.6	87.8	172.8	143.7	14.50131234	2083.838583	2198.56
9	1.1279	282.02	87.8	194.22	200.39	8.497375328	1702.789042	1796.53
10	1.3158	209.48	87.8	121.68	125.53	19.61942257	2462.826115	2598.41
11	2.5690	339.8	87.8	252	579.75	15.97769029	9263.065945	9773.02
12	1.3158	344.66	87.8	256.86	348.02	16.46981627	5731.825459	6047.38
13	1.3158	318.74	87.8	230.94	297.91	2.952755906	879.6555118	928.08
14	1.3158	331.34	87.8	243.54	321.2	23.72047244	7619.015748	8038.46
15	1.3158	273.56	87.8	185.76	218.46	19.25853018	4207.218504	4438.84
16	1.3158	273.56	87.8	185.76	218.46	6.266404199	1368.958661	1444.32
17	2.5690	214.16	87.8	126.36	226.15	0.669947507	151.5086286	159.85
18	1.3158	318.74	87.8	230.94	297.91	2.624671916	781.9160105	824.96
19	1.3158	331.34	87.8	243.54	321.2	3.772965879	1211.87664	1278.59
20	1.3158	273.56	87.8	185.76	218.46	15.4855643	3382.976378	3569.22
								56941.99

El calor total perdido por tuberías no aisladas es de 56,941.99 KJ/hora.

### PÉRDIDA DE CALOR POR FUGAS

La pérdida de calor por fugas, se origina en las tuberías desgastadas, picadas, las cuales a través de orificios muy pequeños, se pierde cierta cantidad de vapor. Las fugas se obtuvieron a través de mediciones de los orificios. Mediante el uso de una tabla de “Pérdidas de Vapor por Fugas” (Manual Selmech de Calderas), se obtuvo el vapor total perdido por hora, tomando en consideración la presión de caldera de 4.99 Kg. /cm<sup>2</sup>.

Tabla 3.25 Calor perdido por fugas (kg/h)

	DIAMETRO mm	No. AGUJEROS	VAPOR Kg/Hr
1	2.83	4	64.248
2	1	1	0.043
			64.291

El vapor total perdido por fugas es de 64.291 kg/h

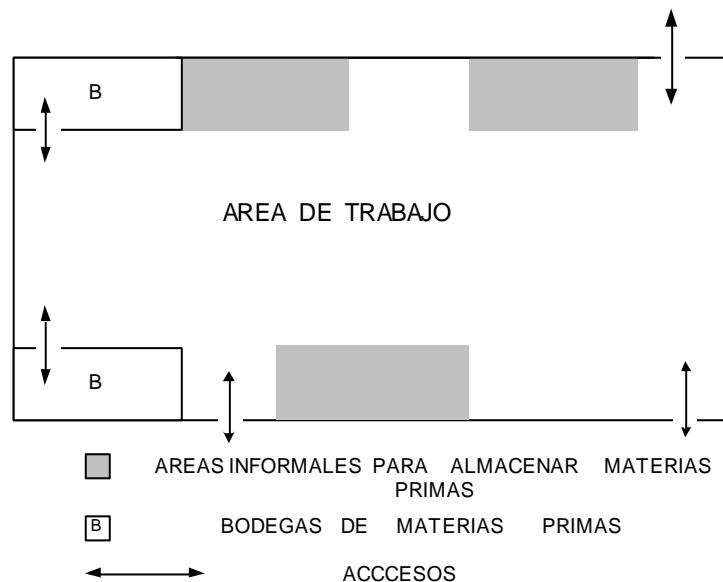
### 3.3.3 ALMACENAJE, SEGURIDAD, SALUD Y MANEJO DE MATERIALES

#### ALMACENAJE

Esta es tal vez una de las áreas en las cuales hay mas oportunidades de mejora, alrededor del área de tintorera se encuentran las materias primas con las cuales se trabaja, no solo del área de tintorería sino también del plastificado.

Entre los aspectos positivos a destacar se encuentran, la existencia de avisos con las medidas de seguridad a tomar, invitando a no desperdiciar los materiales y a ser ordenado y la existencia de un registro de entradas y salidas de los materiales de bodega.

Figura 3.33 Diagrama de la ubicación de las áreas utilizadas para almacenar materiales



Existe prácticamente igual cantidad de área de bodega formal que área que aunque no esta destinada ni acondicionada, sirve como almacén de materiales, en estas áreas se guardan las gomas, ceras, plásticos, y otros químicos destinados tanto a la plastificadora como a los teñidos y encerados.

En la figura 3.33 se puede observar como las áreas de almacenaje se encuentran los costados del área de trabajo, estas tres áreas no cuentan con paredes y sus delimitaciones no son claras y fijas. Tanto en las bodegas formales como en las

informales se encuentran grandes cantidades de colorantes y químicos que tienen varios años de encontrarse en bodega, varios de estos se encuentran ya inutilizados; además se pueden observar una serie de recipientes vacíos que sin ningún orden se encuentran dispersos en estas áreas, varios de los recipientes no tiene el nombre del compuesto que contienen, ya sea porque no tiene viñeta o esta tan deteriorada que es ilegible.

No existe un orden dentro de las bodegas formales para colocar los materiales, al fondo han quedado los compuestos discontinuados, y los que si se utilizan están colocados en los alrededores de las entradas. En general la limpieza y el orden de estas áreas también necesitan ser mejoradas. Para finalizar hay que agregar que también hay rollos de lonas en diferentes partes del área de tintorería, estos son resultado de colores que no resultaron, o son productos de baja calidad, pero no se tiene una bodega para ellos o un medio para su disposición.

## SEGURIDAD Y SALUD

La seguridad en el área de trabajo también puede ser mejorada. Entre las buenas cualidades del estado actual tenemos una adecuada distribución de los extintores contra fuego, ninguna carga ha sobrepasado su fecha de expedición y se encuentran avisos en los cuales se les invita a los operarios a concentrarse en su trabajo para evitar accidentes y realizar con calidad su trabajo.

Entre los aspectos a ser mejorados tenemos: Uno de los elementos componentes de la cera (con la cual se enceran las lonas), son las bolsas plásticas provenientes de los embalajes de diferentes materias primas, esto es una oportuna forma de aplicar producción mas limpia, pero lamentablemente los vapores que emana la mezcla de elementos que conformarán la cera cuando se esta calentando se extienden por toda el área de tintorería, provocando fuertes olores que provocan molestias.

Hay canaletas en el suelo que no están tapadas, por lo alguien podría meter pie en una de ellas, varias de las tuberías que trasportan vapor no se encuentran debidamente aisladas lo que podría provocar quemaduras, existen problemas con las enfermedades respiratorias entre los trabajadores, y el único equipo de protección que se observo utilizar a los trabajadores fueron mascarillas desechables, que no se

utilizaban siempre. El piso es irregular y en el área de plastificado hay una tubería de agua pegado al suelo, que cruza un pasillo de extremo a extremo, la cual provoca tropezones del personal.

La ventilación en las bodegas no es la adecuada, ya que los polvos de los colorantes son potencialmente explosivos y varios recipientes donde se encuentran estos no poseen tapadera.

## MANEJO DE MATERIALES

El manejo de materiales se realiza casi exclusivamente de forma manual, los colorantes, químicos, ceras, lonas e hilos se trasladan de las áreas de almacenaje hasta las máquinas por medio de baldes y carretillas. Para colocar los rollos de lonas a disposición de las máquinas jigger se cuenta con tecles eléctricos, igualmente se utilizan para colocar las columnas de hilos dentro de las máquinas autoclave.

Los fluidos necesarios para el funcionamiento de las máquinas (vapor, agua y aire comprimido) son transportados por un sistema de tuberías que se encuentra en un estado no óptimo para su funcionamiento y en especial en la secadora de lonas se observan múltiples fugas (ver apartado relacionado con las fugas de vapor).

## CAPITULO IV. DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 4.1 ESTRUCTURA DE LAS ALTERNATIVAS

Primero se presenta el nombre de la alternativa, acompañado por el principio y medida de PML (clasificación según la metodología de PML), luego se describe de forma resumida la alternativa propuesta, para luego pasar a la evaluación técnica, en donde se describen los cálculos que se realizaron para el diseño de la alternativa, mostrándose como mejoran los indicadores de producción.

En la evaluación del beneficio ambiental se detallan la reducción en los insumos y/o en los desechos de cada alternativa, también se puntualizan los índices ambientales, los cuales expresan las toneladas de contaminación generada por kg de producto, así como la contaminación anual generada.

A continuación se pasa al beneficio económico, donde se detallan los beneficios anuales al implementar las alternativas y se pormenorizan las inversiones en que debe incurrir el empresario para poner en práctica las alternativas. No existen costos por paro de producción ya que las modificaciones provenientes de las alternativas pueden ser hechas durante el período de mantenimiento anual que poseen las empresas. Se enumeran así mismo los costos operativos anuales, el periodo de retorno se encuentra al dividir la inversión inicial entre los beneficios anuales y los costos operativos anuales. Para finalizar se consideran los índices financieros, en los cuales se expresa el costo de las materias primas principales sobre toneladas de producto terminado.

En esta etapa se utilizaron como insumos los datos y resultados de los balances de materia, de la sección anterior. Es de aclarar que cuando se hable de producto terminado se hace referencia al producto que sale del respectivo proceso, no al género listo para venderse; a menos que se especifique lo contrario. Además la conversión de datos por hora a datos anuales se realiza multiplicando los primeros por las horas de trabajo a la semana y las semanas laborales al año (48.5 para la empresa 1 y 50 para la empresa 2). Los costos de los materiales para las modificaciones en las máquinas se obtuvieron investigando los precios de mercado.

## METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS

1. Análisis preliminar: El objetivo es conocer los procesos con mayor potencial de mejora, en los que se tendrá que realizar el balance de materia.
2. Balance de materia: Se cuantifican las entradas y salidas de los procesos, brindando una caracterización y relación de consumo y de descarga, a través de los índices de eco-eficiencia, que lleva a determinar los elementos críticos del proceso.
3. Investigación bibliográfica: Se recopilaron ideas y alternativas provenientes de libros de texto, manuales, publicaciones y páginas web, con el fin de obtener aquellas que se relacionaran con los procesos seleccionados.
4. Lluvia de ideas: Dentro del grupo de trabajo se generaron una gran cantidad de alternativas, a partir del potencial observado en cada operación dentro de la planta. Descartando aquellas que para este punto no habían demostrado su factibilidad.
5. Entrevistas con expertos: Se analizaron las alternativas junto con los encargados de la planta, operadores y consultores del ramo, para determinar la viabilidad de las alternativas planteadas. En este punto, se descartaron algunas alternativas y se agregaron otras por recomendación de los encuestados.
6. Análisis de las alternativas: Se realiza un análisis técnico de las alternativas restantes, para calcular las entradas y salidas potenciales del proceso y obtener la viabilidad técnica y económica de cada una. Descartando aquellas que no cumplan con las expectativas económicas.

Una vez determinadas las alternativas, se adapta su descripción técnica de forma práctica, para que pueda incluirse en el manual de aplicación.

## 4.2 ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA MODELO 1

### 4.2.1 PROCESO DE DESENGOMADO

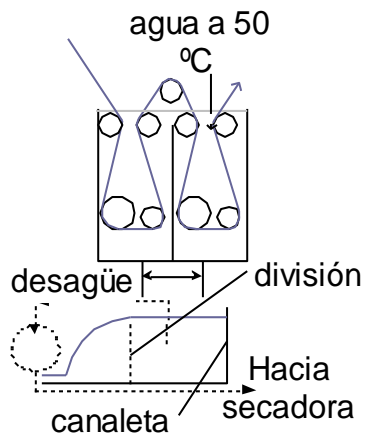
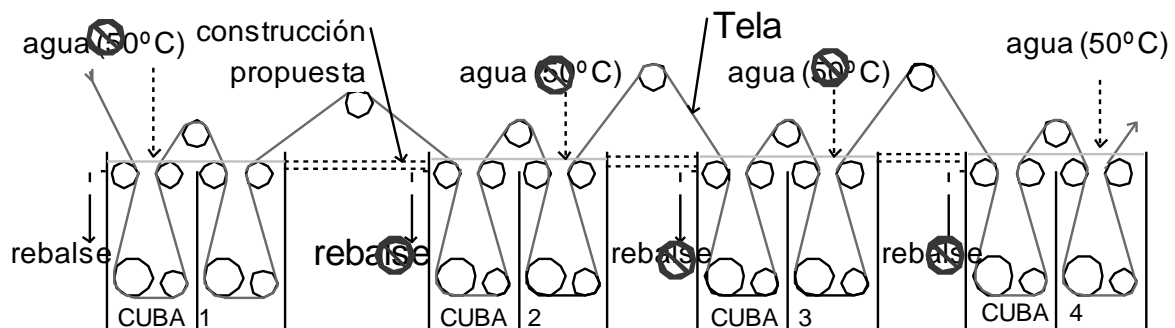
#### 4.2.1.1 LAVADO CONTRACORRIENTE (Medida de reducción a largo plazo, cambio en el proceso)

##### A. DESCRIPCIÓN

Esta opción consiste en la eliminación de los flujos de entrada en las cubas #s 3, 2 y 1, la única entrada de agua se ubicará en la cuba #4, luego el agua pasará a la #3 y así en sentido contrario a la tela, de esta forma toda el agua saldrá a través de la cuba #1. A la cuba #5 se le eliminará la conexión actual con la cuba #4 y su flujo de salida se llevara a la secadora. La alternativa está referida al texto: Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, EPA.

##### B. EVALUACIÓN TÉCNICA

Figura 4.1 Diagrama del lavado contracorriente



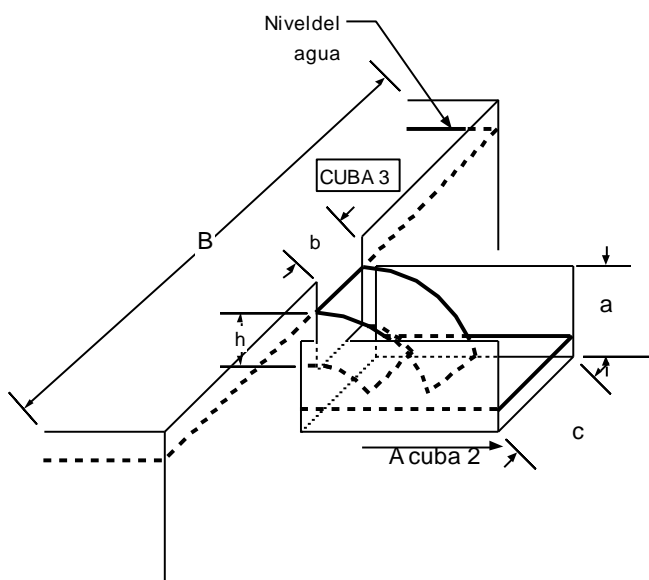
Como se puede observar el agua corre de derecha a izquierda y la tela de izquierda a derecha, actualmente cada cuba tiene un rebalse y entradas de agua individuales, estas serán eliminadas a excepción del rebalse de la cuba 1 y de la entrada de agua de la cuba 4, el agua correrá de una cuba a otra por medio de canaletas instaladas en la parte superior de las cubas. De esta forma el agua más limpia tendrá

contacto con la tela más limpia, y el agua más sucia, enjuagará la tela que acaba de entrar, haciendo más eficiente el lavado. Para el diseño de las modificaciones que se le hicieron a las cubas se tomó en cuenta que la bibliografía consultada habla de un ahorro de hasta un 50% de agua [EPA, 1996] por lo tanto como actualmente entran 7,703.12kg/h se diseño para que por la cuba 4 entraran 3,851.56 kg/h.

Tabla 4.1 Datos de entrada y salida de agua para el lavado contracorriente

	Cuba 4	Cuba 3	Cuba 2	Cuba 1
Agua que entra (kg/h) [Temp. °C]	3,851.56[50°]	1,733.2[69°]	1,126.58[85°]	135.28[93°]
Volumen (m <sup>3</sup> /h)	3.89	1.47	1.16	0.14
Porcentaje de evaporación (%)	55	35	88	80
Agua que sale (kg/h) [Temp. °C]	1,733.2[69°]	1,126.58[85°]	135.18[93°]	27.03[95°]
Volumen (m <sup>3</sup> /h)	1.47	1.16	0.14	0.028

Figura 4.2 Diagrama de los vertederos



Para el diseño de los vertederos para cada cuba se utilizaron los datos de la tabla 4.1, las dimensiones mostradas en la figura 4.2 se determinaron a través de la fórmula [Mataix, 1970]:

$$Q = 2/3 * b * h * \sqrt{2g * h}$$

Donde:

Q = flujo volumétrico

$$g = 9.8 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$B = 1.23 \text{ m.}$$

Para controlar con exactitud el flujo, la distancia h es esencial, por lo que el nivel de agua de cada cuba es diferente, los resultados se muestran a continuación:

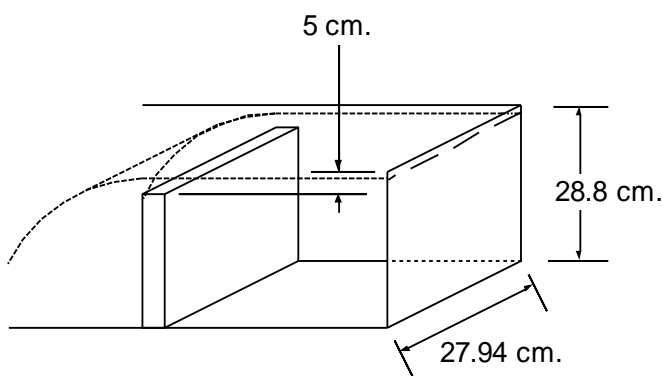
Tabla 4.2 Dimensiones de los vertederos

	Cuba 4	Cuba 3	Cuba 2	Cuba 1
Distancia "h"(cm.)	1	1	1	1
Distancia "b"(cm.)	16.7	10.9	1.3	0.2

En el caso de la cuba 5 las modificaciones consisten en por medio de una bomba enviar el agua a la secadora, en donde se utiliza para humedecer uniformemente el agua. Esto es factible debido a que en la cuba 5 el agua sale prácticamente limpia. En la secadora el agua se mezcla con vapor para alcanzar 40° C, como el agua de la cuba 5 sale a 36.6° C el vapor tal vez ya no sea necesario.

En la figura 4.1 se puede observar el diseño para la alternativa, para la cual necesitara de construir una división en la actual canaleta de modo que sirva como un tanque de captación de donde la bomba estaría impulsando el agua hasta la secadora. Como puede observarse la división esta un poco abajo del nivel máximo de la canaleta de modo que exista un rebalse, por si en algún caso se dejara de utilizar agua en la secadora, la altura de esta división se encontró con el método anteriormente descrito [Mataix, 1970].

Figura 4.3 Contenedor en canaleta para cuba 5



En la tabla 4.3 se pueden observar las variaciones en los índices productivos más relevantes, estos nuevos valores se lograrían inmediatamente se ponga en marcha la alternativa.

Tabla 4.3 Valores actuales y estimados de los índices productivos luego de la aplicación de la alternativa

Índices de consumos actuales:	Índices luego de la implementación:	Variación
705.22 kg de vapor/ Ton. de PT	594.05 kg de vapor / Ton. de PT	- 15.74 %
20,799 kg de agua / Ton. de PT	16,538 kg de agua / Ton. de PT	-20.48 %

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

### C. REDUCCIÓN EN EL CONSUMO

Como se citó anteriormente la reducción en el consumo de agua será del 50% respecto al total actual que entra a las cubas de la 4 a la 1, es decir 3,851.56 kg/h lo

que equivale a 11,390.84 m<sup>3</sup> anuales. También se reducirá el consumo de vapor, ya que el agua que entrará a las cubas tendrá la temperatura de la cuba anterior, y no 50 °C como hasta ahora. Para determinar el ahorro en vapor se determino cuanta energía calorífica se necesita para elevar la temperatura de la masa de agua que entra a las cubas, esta energía se igualo con la energía que puede proporcionar cierta cantidad de vapor, es decir se realizó de las misma forma en que se ha realizado en otras partes del documento, utilizando la fórmula:

$$m_v (\Delta h_v) + m_v L_v + m_v (\Delta h_a) = -m_w (\Delta h_w)$$

Esto brindo los siguientes resultados:

Tabla 4.4 Masa de vapor que se ahorraría

	Cuba 4	Cuba 3	Cuba 2	Cuba 1
masa de vapor que dejara de utilizarse (kg/h)	-96.76	60.68	69.56	67.43

Tabla 4.5 Reducciones anuales en el consumo de materia prima

Vapor	Petróleo	Agua	Químicos auxiliares
293,648 kg	5,448 gal.	274.75 m <sup>3</sup>	292.15 Ton.
293.64 Ton.	En la cuba 5 se reduciría el consumo de agua en 462,690 m <sup>3</sup>		

## D. REDUCCIÓN EN LOS DESECHOS

Tabla 4.6 Reducción anual en los residuos

Agua desechada actualmente	Agua desechada al implementar alternativa
18,931,308 kg	78,895.03 kg (eliminando 4 desagües)
Reducción en la emisiones a la atmósfera como resultado de la disminución en la producción de petróleo [según Márquez, 1989]	
CO <sub>2</sub> :	67,418.75 kg
N <sub>2</sub> :	221,051.03 kg
SO <sub>2</sub> :	952.49 kg

La alternativa ahorra 5,448.5 galones de petróleo, que equivalen a 21,261.04 kg, la combustión de esta masa de bunker N° 6 genera las cantidades de agentes contaminantes detalladas anteriormente, y como se aprecia se dejarán de emitir a la atmósfera.

## E. ÍNDICES AMBIENTALES

Tabla 4.7 Valores actuales y estimados de las carga luego de la aplicación de la alternativa

Valores actuales de carga	Valores anuales actuales	Carga anual con la implementación
DBO <sub>5</sub>	40 mg/lt	477.2 kg
DQO	594 mg/lt	11.54 Ton
SST	15.9 mg/lt	308.94 kg
SAAM	2.03 mg/lt	39.44 kg

Como puede apreciarse las reducciones son considerables.

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO

### F. BENEFICIO ANUAL

De acuerdo a los datos anteriores y a los costos dados por la empresa se determinaron los beneficios anuales que se supondrían la aplicación de las alternativas, a continuación se detallan:

Tabla 4.8 Beneficio anual con la implementación

Rubro	Cantidad	Valor
Agua	11,390.84 m <sup>3</sup>	\$911.26
Vapor	(según tabla 4.4, 100.91 kg/h) 293.64 Ton	\$4,228.53
Tratamiento de desechos	19,262 m <sup>3</sup>	\$2,889.1.
Beneficio anual total:		\$ 8,029.2

### G. INVERSIÓN INICIAL

Los costos para poner en marcha la alternativa se muestran a continuación:

Tabla 4.9 Inversión inicial para la construcción de c/u de las canaletas cubas 4-2

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	0.7260 lb.	0.54 \$ / lb.	0.39
Soldador	1 hora	0.10 \$ / Kwh	0.53
Lamina calibre 16	0.062 m <sup>2</sup>	3.3 \$/m <sup>2</sup>	0.2
		Suma:	1.12 \$
		Total (por las 2 canaletas):	2.24 \$

Tabla 4.10 Inversión inicial para la eliminación del canal de los costados, la abertura de los vertederos y para sellar el rebalse actual de cada una de las cubas 4,3 y 2

Material/Equipo	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	0.0952 lb	0.54 \$ / lb	0.05
Soldador	0.1666 horas	0.10 \$ / Kwh	0.08
Pulidora	6 horas	0.10 \$ / Kwh	0.57
Disco Pulidora	70% desgaste de disco	\$ 3.0	2.1
Lamina calibre 16	0.0025 m <sup>2</sup>	3.3 \$/m <sup>2</sup>	0.01
		Suma	2.81 \$
		Total (por las 3 cubas)	8.43 \$

Tabla 4.11 Inversión inicial para la eliminación del canal de los costados, la abertura de la recepción, bajar el rebalse y sellar el rebalse actual de la cuba 1

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	0.19 lb	0.54 \$ / lb	0.10
Soldador	0.332 horas	0.10 \$ / Kwh	0.18
Disco Pulidora	70% desgaste de disco	\$ 3.0	2.1
Pulidora	6 horas	0.10 \$ / Kwh	0.57
Lamina calibre 16	0.0025 m <sup>2</sup>	3.3 \$/m <sup>2</sup>	0.01
		Suma Total	2.96 \$

Tabla 4.12 Inversión inicial para la construcción de la canaleta entre las cubas 2-1

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	1.02 lb	0.54 \$ / lb	0.55
Soldador	1 hora	0.10 \$ / Kwh	0.53
Lamina calibre 16	0.216 m <sup>2</sup>	3.3 \$/m <sup>2</sup>	0.71
		Suma total	1.79 \$

El corte de los rectángulos para formar las tres canaletas se estimó en una sola partida:

Tabla 4.13 Inversión inicial para cortar las laminas para las tres canaletas

Material	Porcentaje de desgaste	Costo del disco	Costo neto(\$)
Disco Pulidora	15%	\$ 3.0	0.45
Equipo	Tiempo a utilizar (h)	Costo	Costo neto(\$)
Pulidora	1.5	0.10 \$ / Kwh	0.14
		Suma Total	0.59 \$

Las necesidades de mano de obra para poner a funcionar la alternativa (tomando en cuenta llevar a cabo las mejoras y la respectiva capacitación) se estimaron en 140H-H (horas-hombre) por lo que el monto en este rubro asciende a \$

109.09. Al sumar los totales anteriores se encuentra que la inversión inicial sería de: \$ 125.10, y esta sería la inversión inicial.

#### H. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Los costos operativos corresponden en su mayoría a costos por mantenimiento; se calcula que con la implementación de la alternativa estos costos no tendrán un aumento significativo. Estas mismas condiciones se aplican a todas las alternativas para la desengomadora.

#### I. PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno da como resultado 6 días.

#### J. ÍNDICES FINANCIEROS

Tabla 4.14 Índices financieros

Índice financiero actual	Índice financiero al poner en marcha la alternativa
2.75 \$ / Ton. de PT	1.32 \$ / Ton. de PT (reducción de un 52%)

A la luz de todo lo anterior se concluye que la alternativa es altamente rentable, reduce los indicadores de forma notable, su período de retorno es muy corto y produce un buen monto de ahorro, tanto material , ambiental como de capital.

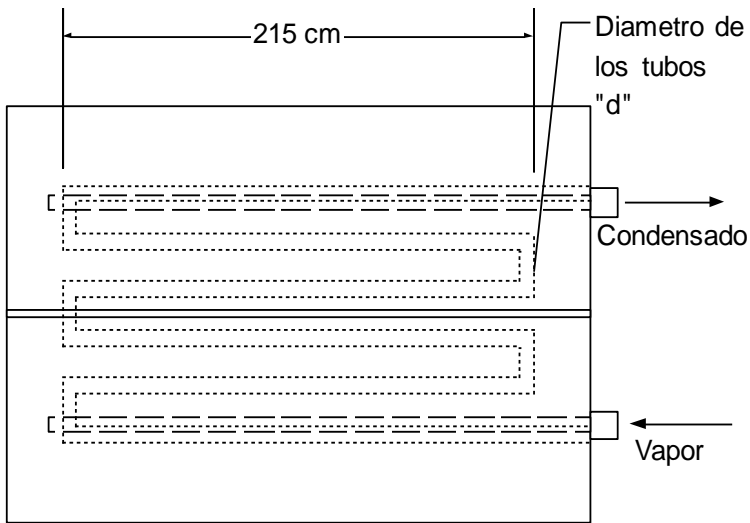
#### 4.2.1.2 CAMBIO DE INTERCAMBIADOR ABIERTO A INTERCAMBIADOR CERRADO (Medida de reducción a largo plazo, cambio en el proceso)

##### A. DESCRIPCIÓN

Como actualmente el vapor se inyecta a las cubas no existe retorno de condensado a las calderas, por lo que se plantea sustituir el sistema actual por un serpentín, para que aumente la cantidad de condensado que regresa a la caldera, y disminuya el consumo de agua que actualmente se utiliza para generar vapor. La alternativa se desarrolló por el Grupo Trabajo, al conocer la importancia del vapor.

## B. EVALUACIÓN TÉCNICA

Figura 4.4 diagrama de los serpentines propuestos



En la figura 4.4 se observa en línea pulsada el diseño del serpentín, cuyo flujo será dirigido por una electro válvula como hasta ahora, Los cálculos precisos para dimensionar los serpentines para cada cuba se muestran a continuación:

Tabla 4.15 Cálculos para diseño de serpentín

Formula	Cuba 1	Cuba 2	cuba 3	cuba 4
$\Delta t / d_o$ ( $^{\circ}\text{F} / \text{pulg}$ ) :	90.86	81.28	88.38	2.88
$t_f = t_w + t_a$ ( $^{\circ}\text{F}$ ) :	278.42	276.62	269.87	250.52
Diámetro nominal del tubo (pulg) "d" :	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	2 1/2"
$h_c$ (BTU / h * pie <sup>2</sup> * $^{\circ}\text{F}$ ) :	330	323	330	262
$U_c = \frac{h_{i_o} * h_o}{h_{i_o} + h_o} \left( \frac{\text{BTU}}{h * \text{pie}^2 * ^{\circ}\text{F}} \right)$ :	270.49	265.77	270.49	223.04
$U_D = \frac{U_c * 1/R_d}{U_c * 1/R_d} \left( \frac{\text{BTU}}{h * \text{pie}^2 * ^{\circ}\text{F}} \right)$ :	42.199	42.08	42.199	40.843
$A = Q / U_D * \Delta t$ (pies <sup>2</sup> ) :	24.83	28.49	38.789	88.8
Área / tubo (pies <sup>2</sup> ) :	3.06	2.42	2.42	20.10
# de tubos necesarios para la operación :	8.0 = 8	11.77 ≈ 12	16.0 = 16	16.0 = 16

Donde:

- $\Delta t$ : diferencia de temperatura entre el vapor y el agua a calentar.
- $d_o$ : diámetro exterior del tubo.
- $t_f$ : temperatura de la película de fluido junto al tubo.
- $t_w$ : temperatura exterior de la pared del tubo.
- $t_a$ : temperatura promedio y calórica del fluido frío.
- $h_c$ : coeficiente de transferencia de calor para convección libre, en este caso  $h_o$ .

- $U_c$ : coeficiente total limpio.
- $U_D$ : coeficiente de diseño.
- $A$ : superficie de transferencia de calor.
- $Q$ : flujo de energía térmica.

La tubería a utilizar sería de acero (IPS), y como puede observarse las dimensiones serían diferentes para cada cuba, ya que cada una tiene necesidades diferentes de energía, estas necesidades son reflejadas en  $Q$ , el cual se estimo de acuerdo a los datos que se encuentran en el anexo B.

El índice de consumo para el vapor no sufrirá modificación y permanecerá en 705.22 kg de vapor / Ton de producto terminado,

Tabla 4.16 valores actuales y estimados de los índices productivos luego de la aplicación de la alternativa

Condensado que actualmente regresa a la caldera	Condensado que regresaría a la caldera luego de aplicada la alternativa
14,025.36 Ton	15,888.2 Ton (13.28 % de aumento)

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

### C. REDUCCIÓN EN EL CONSUMO

Como el condensado regresa a una mayor temperatura que el agua fresca se necesitaría menos combustible para hacer llegar el agua de alimentación de la caldera (fresca + condensado) al punto de saturación. Actualmente el agua de alimentación entra a una temperatura de 37.5° C, tomando en cuenta el 13% de aumento de condensado, esta entraría a 45.8° C y teniendo en consideración que el combustible que se utiliza es n° 6 (API), se encuentra el ahorro abajo mencionado.

Tabla 4.17 Reducción en el consumo debido al aumento en el retorno de condensado a la caldera

Agua fresca	1,862.84 Ton. / año
Químicos suavizantes (en su mayoría sal)	433.51 Ton. / año
Petróleo	22.85 m <sup>3</sup> / año

#### D. REDUCCIÓN EN LOS DESECHOS

Actualmente debido a que el vapor se combina con el agua de las cubas, los químicos que se agregan al agua en el área de las calderas para suavizarla se incorporan al flujo de las aguas de desecho. Pero al implementar la alternativa, estos químicos estarán ausentes mejorando la calidad del agua de desecho. Además se reducirán las emisiones de contaminantes, los datos se obtuvieron en base a la combustión de 22.85 m<sup>3</sup> de petróleo [según Márquez, 1989].

Tabla 4.18 Reducción en la emisiones a la atmósfera como resultado de la disminución en la combustión de petróleo

CO <sub>2</sub> :	74.22 Ton.
N <sub>2</sub> :	243.85 Ton.
SO <sub>2</sub> :	1.38 Ton.

#### E. ÍNDICES AMBIENTALES

Para esta alternativa los índices no sufrirían alteraciones ya que no obstante el vapor ya no se convierte en agua, los demás parámetros no cambian, es decir se deben agregar 1,862.84 Ton. extras de agua al año en las cubas.

#### EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO

##### F. BENEFICIO ANUAL

Tabla 4.19 Beneficio anual debido a un mayor retorno de condensado

Suavización del agua fresca a ser convertida en vapor	\$143.06 al año
Combustible	\$ 4,365.08 al año
Beneficio total anual	\$ 4,508.14

##### G. INVERSIÓN INICIAL:

Los costos por materiales son:

Tabla 4.20 costos por tubos para el serpentín

Cuba	Diámetro (pulg)	Cantidad requerida (m)	Costo por unidad (\$/m)	Costo (\$)
1	1 ¼"	17.2	5.53	93.44
2	1 ½"	25.8	7.15	184.47
3	1 ½"	34.4	7.15	245.96
4	2 ½"	16	12	248.16
Costo total de tuberías				952.03

Como los serpentines se fabricarían doblando los tubos, los materiales adicionales serían pocos, se utilizarían electrodos UTP 62 de Boehler Thyssen [Calderón, 2002]; Los costos de este y otros materiales para la construcción se estima en \$5.00 La mano de obra necesaria para la puesta en marcha de la alternativa se ha estimado en 156 H-H Esto incluye el desmontaje de la máquina (para llegar hasta donde se encuentra el intercambiador se deben retirar los cilindros de la máquina), la colocación del serpentín, el montaje nuevamente, la capacitación del personal y la construcción del serpentín; estas H-H equivalen a \$ 135.57. Las 1,862.84 Ton. extras de agua al año equivalen no se toman en cuenta ya que la misma cantidad que se ahorra en las calderas se necesita en el desengomado.

Todos lo anterior resulta en una inversión inicial de \$ 1,062.6.

#### I. PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno resultante de los datos anteriores es de 3 meses.

#### J. ÍNDICE FINANCIERO

En este caso la alternativa genera un beneficio para toda la planta ya que el costo de la tonelada de vapor bajaría en un pequeño porcentaje (1.8%) pero como su uso dentro de la empresa es extendido genera un beneficio aceptable, como antes se detallo.

### 4.2.2 PROCESO DE TEÑIDO DE POLIÉSTER EN JET

#### 4.2.2.1 RECOLECTAR EL AGUA DE ARRASTRE DEL ULTIMO ENJUAGUE PARA EL PROXIMO TEÑIDO (RECICLAJE IN SITU)

Consiste en colocar un recolector de aguas a la salida de la máquina para captar el agua de arrastre de la tela, con el objetivo de regresarla al tanque principal de la máquina y utilizarla en el próximo teñido. La alternativa se basó en la lluvia de ideas al constatar la pérdida de agua de arrastre por lote del proceso.

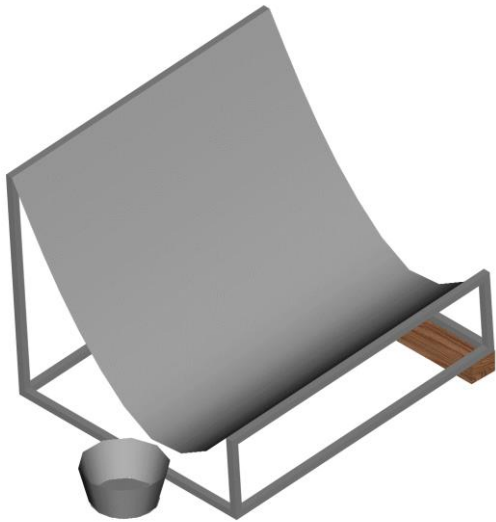
## A. EVALUACIÓN TÉCNICA

En la empresa se utiliza el agua del último enjuague para el teñido del próximo lote, sin embargo, siempre se tiene que cargar con agua porque al salir el lote, arrastra agua que se pierde en las canaletas colocadas al frente de la máquina.

Cantidad total de agua perdida por arrastre: 5,544 m<sup>3</sup>/año.

Se seleccionó el método de recolección por depósito contra un exprimidor a la salida, porque este último genera problemas de quiebres en la tela, que es consecuencia de realizar el proceso en cuerda.

Figura 4.5 Captador de aguas



La masa promedio del agua de arrastre es de 926 kg (0.96 m<sup>3</sup>) por lote de 20 piezas. Se considera que con un depósito de 1 m<sup>3</sup> es suficiente para captar el agua de arrastre.

Para optimizar los recursos, el recolector de aguas propuesto será diseñado a partir de los colectores de tela que ya posee la empresa, a los que se les agregarán dispositivos para que puedan cumplir esta labor.

El procedimiento de recolección de aguas consiste en ubicar el colector al frente de la máquina al momento de sacar la tela, para que el agua de arrastre se deslice por las paredes (Ver figura 4.5) y se dirija hacia el depósito 1 m<sup>3</sup>.

Los dispositivos adicionales necesarios son:

1. Una guía de madera que se colocará en el suelo para generar un desnivel en los colectores y dar una salida para el agua. El diseño consiste de un trozo de madera de 1.75 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.15 cm de alto, que logrará un ángulo de 7° con respecto a la horizontal.

2. Depósitos de 1 m<sup>3</sup> que posean una altura menor a 0.3 m, que contendrán lo que se devolverá a la cuba en cada lote.

Tomando en cuenta que podrían producirse pérdidas en el traslado del agua del colector al tanque de la máquina, se da un margen de 5% de pérdidas de aguas.

Con la alternativa propuesta se obtiene un ahorro de 3.1 kg de agua/kg prod ó 3.1 m<sup>3</sup> agua/ Ton prod.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

La propuesta no modifica el proceso ni la calidad del producto. En la empresa ya se utiliza parte del agua de enjuague para el teñido, lo que se ha hecho es utilizar la totalidad del agua del último enjuague, que resultan 5,267 m<sup>3</sup> anuales y se pueden medir en el mismo grado de ahorro para las descargas de la empresa.

En este caso la carga específica no es modificada, pues el agua que se logra recuperar mantiene las condiciones de entrada del insumo. Lo que se obtiene en una concentración de los agentes contaminantes, que facilita su tratamiento y posterior descarga.

## C. BENEFICIO ANUAL

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Agua para teñido		5,267 m <sup>3</sup>	0.08 \$/m <sup>3</sup>	\$ 421.4
	3		Consumo bomba	0.29 kW-h	1836 kW-h	0.10\$/kW-h	\$ 183.6
		3	Trat. de aguas		5,267 m <sup>3</sup>	0.15 \$/m <sup>3</sup>	\$ 790.1
Beneficio anual total							\$ 1,395.1

## D. INVERSIÓN

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión inicial
Trozos de madera	\$ 3.6	6 trozos	\$ 22.0
Depósitos	\$ 4.0	6 depósitos	\$ 24.0
Inversión inicial total			\$ 46.0

## E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Los costos de mano de obra no se modifican. Sin embargo, hay que comprar nuevamente los elementos de operación cuando estos se deterioren.

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Cambios al año	Costo anual
Trozos de madera	\$ 3.6	6 trozos	2	\$ 43.2
Depósitos	\$ 4.0	6 depósitos	2	\$ 48.0
Costo operativo anual total				\$ 91.2

## F. PERIODO DE RETORNO

Inversión/(Beneficios anuales-Costos operativos anuales)

\$ 46.0 / (\$ 1,395.1 - \$ 91.2) = 0.04 años, que es prácticamente inmediato

## G. INDICES FINANCIEROS

Los índices financieros están en función del costo de la materia prima, sin contar la tela (Agua, vapor, colorante, químicos auxiliares) por las toneladas de producto. Hay que hacer notar que hay un índice financiero para cada tipo de proceso:

Proceso	Índice actual (\$/ton)	Índice propuesto (\$/ton)
Teñido en jet horizontal	1,535.1	1,531.9
Teñido en jet tubular (poliéster)	682.1	680.4
Teñido en jet tubular (poliéster-rayon)	699.2	696.8

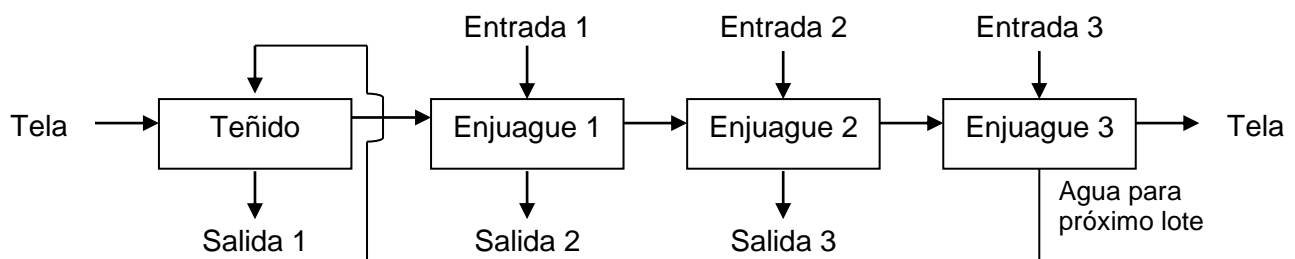
### 4.2.2.2 USO DE AGUA DE ENJUAGUE PARA OTROS ENJUAGUES (RECICLAJE IN SITU)

Utilizar el agua del segundo enjuague del color más usado para realizar el primer enjuague del mismo color en el próximo lote. La alternativa surge al modificar el sistema actual de manejo de aguas de salida del intercambiador en la empresa 1, combinado con la información del texto: Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, EPA.

## A. EVALUACIÓN TÉCNICA

La figura 4.6 muestra las entradas de agua para teñido y enjuague que se producen por lote.

Figura 4.6 Proceso actual de entradas y salidas de agua en el teñido en jet



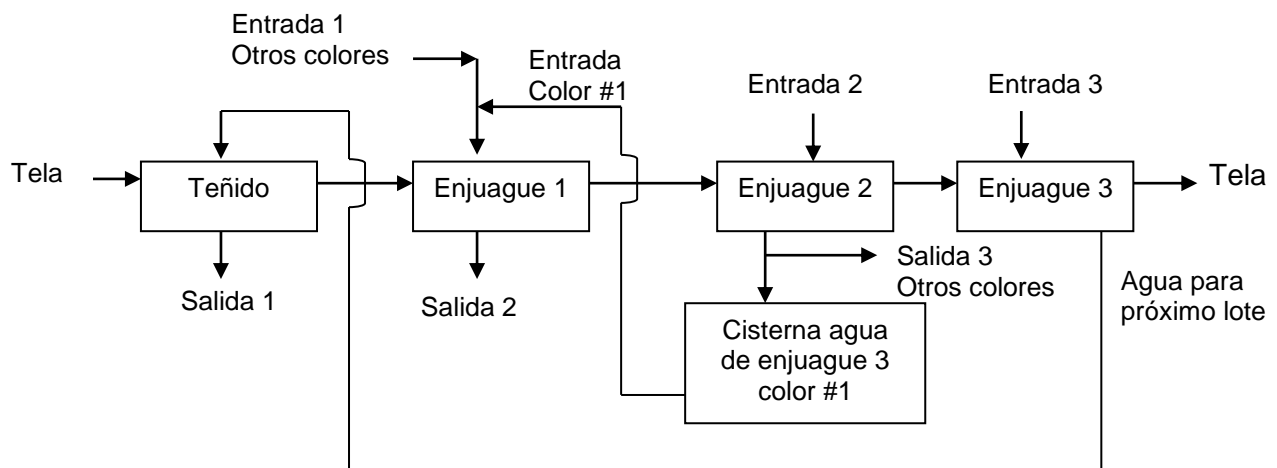
La propuesta consiste en una combinación de un lavado en contracorriente y el enjuague por pasos (igual al actual), utilizando el agua del enjuague 2 (Salida 3) para el enjuague 1 (Entrada 1), ya que el agua puede ser de menor calidad en los primeros enjuagues.

Obviamente, no se puede utilizar el agua de la Salida 3 para el mismo lote, teniendo que contenerla en depósitos intermedios para próximos lotes. De esto surge la primera dificultad, porque no se puede utilizar el agua de enjuague de un color para el enjuague de otro color, pues podría ocasionar modificaciones en el tono de la tela, que disminuiría la calidad. Para evitar esto, se tiene que separar el agua de enjuague por colores.

En la empresa 1 se trabajan con aproximadamente 110 colores. Resultaría demasiado complicado tener un depósito para cada uno de ellos, por lo que se recomienda trabajar únicamente con el tono de más demanda, en este caso se refiere al color oscuro #1, que representa el 45% de la producción total.

En la figura 4.7 se presenta el circuito de aguas propuesto para las máquinas jets, incluyendo los cambios que tendrían que poder realizarse durante el proceso.

Figura 4.7 Proceso propuesto de entradas y salidas de agua en el teñido en jet



El ahorro generado por el sistema sería de 2.44 m<sup>3</sup> por lote de 20 piezas, que equivale 8.5 m<sup>3</sup>/Ton prod color #1.

Requerimientos necesarios para desarrollar este sistema:

1. Cisterna de agua de enjuague: La producción del color #1 es constante a lo largo del año, por lo que la capacidad de la cisterna puede estar en función de la producción diaria promedio. En este sentido, la cantidad de lotes diarios de color #1 son 6, que equivalen a  $14.6 \text{ m}^3$ . Las medidas pueden ser de  $2 \times 3 \times 2.5 \text{ m}^3$  y su ubicación puede estar a un costado de las máquinas jets.

2. Bomba: Se utilizará para llevar el agua de la cisterna a cada máquina en medio minuto. La capacidad necesaria es  $5 \text{ m}^3/\text{min}$ , con una potencia de 2 Hp.

3. Juego de tuberías: La longitud necesaria total si la cisterna está junto a las máquinas jets es de 19 m de tubería de 4" para la salida y 60 m de tubería de  $\frac{1}{2}$ " para la entrada de agua.

4. Válvulas de control de flujo de entrada: Para que sólo sea necesaria una bomba para las cuatro jets, se deben colocar válvulas a la salida de la bomba, para indicar la dirección del flujo, que se sumarán a las válvulas de entrada a la máquina para evitar el retorno, cuando el flujo provenga de la alimentación principal.

5. Válvulas de control de flujo de salida: La tubería de salida conecta con una canaleta, para evitar la contaminación con material suspendido se tendrán que colocar 2 válvulas, una dirigida a la canaleta y otra a la tubería que lleva a la cisterna.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

Se tendrán  $6,498 \text{ m}^3$  de agua que no serán descargados anualmente por la empresa. A pesar de ello, la carga contaminante será la misma, porque se mantienen las materias primas y el grado de absorción de la tela, lo que se logra es concentrar la carga en un menor volumen de agua. Esto quiere decir que mientras la carga específica será constante, la carga relativa aumentará.

En este caso, no se puede determinar el cambio cuantitativo, porque por aspectos económicos, las pruebas físico-químicas solo se pudieron realizar para la primer descarga del proceso.

### C. BENEFICIO ANUAL

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Agua de enjuague	2.44 m <sup>3</sup>	6,498 m <sup>3</sup>	0.08 \$/m <sup>3</sup>	\$ 519.8
		3	Trat. de aguas	2.44 m <sup>3</sup>	6,498 m <sup>3</sup>	0.15 \$/m <sup>3</sup>	\$ 974.7
Beneficio anual total							\$ 1,494.5

### D. INVERSIÓN

La instalación total del sistema, se prolongaría por una semana y media, por lo que se recomienda utilizar el período de mantenimiento de la empresa (3 semanas) para realizar la instalación, de lo contrario, se incurrirá en pérdidas por paro de producción en el área de teñido de poliéster.

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión anual
Instalación cisterna de 15 m <sup>3</sup>	\$ 760.0	1	\$ 760.0
Bomba 2 Hp y cap. de 5m <sup>3</sup> /M	\$ 70.0	1	\$ 70.0
Tuberías 4"	1.14 \$/m	19 m	\$ 21.7
Tuberías 1/2"	0.23 \$/m	60 m	\$ 13.8
Instalación de tuberías	\$ 60.0	1	\$ 60.0
Válvulas de control de entrada	\$ 7.0	8	\$ 56.0
Válvulas de control de salida	\$ 15.0	8	\$ 120.0
Capacitación de personal	4.0 \$/hombre	15	\$ 60.0
Inversión anual total			\$ 1,161.5

### E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Cantidad al año	Costo anual
Energía para bomba	0.10 \$/kW-h	0.7 kW-h	1,864.1 kW-h	\$ 186.4

### F. PERIODO DE RETORNO

$$\text{\$ 1,161.5} / (\text{\$1,494.5} - \text{\$186.4}) = 0.9 \text{ años} = 11 \text{ meses}$$

### G. INDICES FINANCIEROS

Proceso	Índice actual (\$/ton)	Índice propuesto (\$/ton)
Teñido en jet horizontal	1,535.1	1,535.1
Teñido en jet tubular (poliéster)	682.1	680.8
Teñido en jet tubular (poliéster-rayon)	699.2	697.2

## 4.2.3 PROCESO DE TEÑIDO DE RAYÓN EN JIGGER

### 4.2.3.1 CAMBIAR EL DISEÑO DE LA TELA GUÍA

#### (CAMBIO DE MATERIAS PRIMAS)

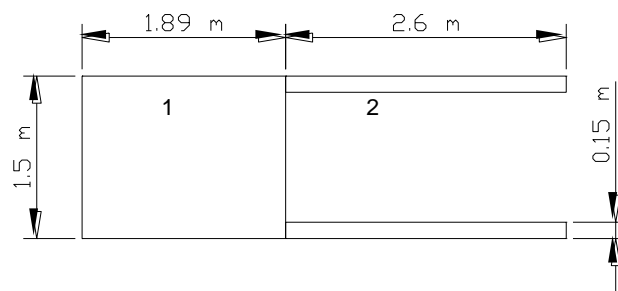
Utilizar una pieza compuesta de tela cruda y dos piezas de lona plastificada en cada lado, que posean un ancho de 15 cm cada una, en lugar de tela guía, para evitar que la tela no necesaria se sature de colorante, llevando a una reducción de estos, además de evitar el lavado en jet de las telas guías. La alternativa surgió dentro del grupo de trabajo al constatar la saturación de colorante en la tela guía.

#### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

El motivo de la empresa para hacer pasar la tela guía por todo el recorrido de la cuba es porque si todo el producto no lo hace, las proporciones de absorción son diferentes. Estando definida por la empresa 1 en 60%-70% del requerido, que corresponde a la absorción que la tela guía adquiere.

En la propuesta, la tela guía no sería de un solo material, sino una combinación entre la tela cruda para el inicio y dos tiras de plástico unidas en los extremos. Tal como se muestra en la figura 4.8

Figura 4.8 Dimensiones de la tela y de los plásticos



La pieza 1 es la tela cruda que sirve para mantener el funcionamiento actual de adhesión al cilindro de acero por fricción y para guiar el ancho de la pieza, que son los 1.5 m. La medida de 1.89 m corresponde a 2 vueltas de la tela en el cilindro de acero de 0.3 m de diámetro.

La pieza 2 corresponde a la lona plastificada y es la que se sumerge en la solución con colorantes. La medida de 2.6 m es a la longitud que la pieza tiene que recorrer por la cuba desde que sale del cilindro hasta llegar al otro extremo.

Tipos de ahorro generados por la propuesta:

1. Ahorro de colorantes: Con la masa de colorantes por lote se obtiene un índice de consumo de  $2.29 \times 10^{-3}$  Kg/m. La empresa 1 tiene definido un consumo de colorantes del 65% en la tela guía. La alternativa logrará ahorrar 11.3 kg anuales. Con una relación de ahorro de colorantes de  $26.2 \times 10^{-3}$  kg colorantes/ton prod.

2. Agua para el lavado de tela guía: Se ahorra agua y energía utilizada para el lavado de la tela guía saturada de colorante. El procedimiento actual consiste en lavar por lotes de 10 piezas la tela guía saturada en la máquina jet horizontal. Para realizar esto se utilizan  $163.2 \text{ m}^3$  de agua anual, con ahorro de  $0.3 \text{ m}^3$  agua/ton prod.

3. El consumo de energía de la máquina: Teniendo un consumo de la máquina jet horizontal de 13.8 kW, con tiempo de lavado de 0.5h por lote y 51 lavados al año, se obtiene un valor de energía ahorrada de 351.9 kW-h. Con una relación de ahorro de energía de 0.6 kW/h / Ton prod.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

El logro de esta alternativa es la reducción de la descarga de agua de lavado de tela guía ( $163.2 \text{ m}^3/\text{año}$ ) y la energía de bombeo de la máquina jet. Por motivos económicos, no se pudo cuantificar la carga contaminante del lavado de tela guía, solamente la que corresponde a la descarga de solución para teñir, sin embargo, se considera despreciable, por la pequeña cantidad de colorante que se desprende al año en la tela guía, que tendría que ser mucho menor a los valores de contaminación encontrados para la solución de teñido, mostrados a continuación:

Determinación	Carga	Volumen de descarga anual para teñido	Carga anual
DQO	708 mg/l	813,000 lt	576 kg
DBO <sub>5</sub>	60 mg/l	813,000 lt	49 kg
Sólidos suspendidos totales	530 mg/l	813,000 lt	431 kg

[Fuente: Pruebas realizadas por la empresa 1]

Se puede observar que el problema del teñido es la elevada concentración de agentes inorgánicos dentro de la solución, provocada por el uso de agentes químicos como los colorantes y auxiliares, por lo que es de destacar que quedaría descartado utilizar métodos biológicos para el tratamiento de esta descarga, para decantarse por el uso de tratamientos químicos, como filtración por membrana.

### C. BENEFICIO ANUAL

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Colorantes		11.3 kg	11.0 \$/kg	\$ 124.3
3			Agua no utilizada	0.32 m <sup>3</sup>	163.2 m <sup>3</sup>	0.08 \$/m <sup>3</sup>	\$ 13.0
	3		Energía de jet	0.69 kW-h	351.9 kW-h	0.10\$/kW-h	\$ 35.2
		3	Trat. de aguas		163.2 m <sup>3</sup>	0.15 \$/m <sup>3</sup>	\$ 24.5
Beneficio anual total							\$ 197.0

### D. INVERSIÓN

La facilidad de preparación de la nueva tela guía permite que se implemente esta alternativa en cualquier momento del año, sin que afecte el ritmo normal de trabajo dentro de la planta.

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión anual
Juego de 2 piezas de plástico	\$ 2.2	6 juegos	\$ 13.2
Mano de obra por fabricación	0.30 \$/juego	6 juegos	\$ 1.8
Inversión anual total			\$ 15.0

### E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Cada vez que se utiliza, la pieza tiene un desgaste de 0.15m por la costura, que implica que al cabo de 2 semanas se desgastará 1m que deberá ser repuesto por un agregado a los extremos.

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Cambios al año	Costo anual
Agregado de 1m	\$ 0.3	4	49	\$ 58.8
Mano de obra	0.30 \$/juego	2	49	\$ 29.4
Costos operativos anuales totales				\$ 88.2

### F. PERIODO DE RETORNO

$$\$15.0 / (\$197.0 - 88.2) = 0.14 \text{ años} = 2 \text{ meses}$$

### G. INDICES FINANCIEROS

El valor actual es de 180.2 \$/ton y está obtenido a partir del consumo de agua, vapor, colorante, químicos auxiliares, energía de lavado y tratamiento de aguas. El valor propuesto llegaría a 179.5 \$/ton.

#### 4.2.3.2 DISMINUCIÓN DEL VOLUMEN DE TRABAJO EN LA CUBA

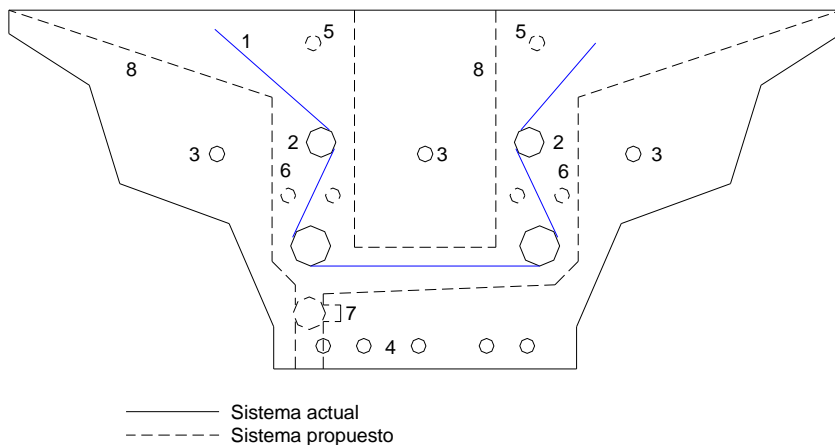
##### (CAMBIO EN EL PROCESO)

Consiste en reducir la cantidad de material necesario para la ejecución del teñido en la máquina manteniendo el principio de operación, incluyendo la concentración de los colorantes, la temperatura y tiempos utilizados. En este caso, la modificación del volumen tiene que ser acompañada por un reacomodo de las entradas de agua y la ubicación del intercambiador de vapor. La alternativa surgió del grupo de trabajo al colocar como forma de mejora general la disminución de las soluciones de proceso.

##### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

El objetivo de reducir el volumen de la cuba es eliminar los espacios no útiles para realizar el teñido en donde los insumos no son utilizados adecuadamente. Para hacerlo, se propone utilizar una lámina de acero inoxidable que se adapte al volumen cubierto por los rodillos utilizados actualmente, para asegurar de esa forma, que el tiempo dentro de la cuba será el mismo. Donde no será necesario hacer cambios en el programa de control de operación.

Figura 4.9 Cuba de jigger con propuestas de cambio



No	Elemento
1	Tela
2	Cilindros de paso
3	Ent. actual de agua
4	Serpentín actual
5	Ent. Propuesta de agua
6	Serpentín propuesto
7	Electroválvula
8	Lamina acero

La lámina de acero inoxidable se tendrá que soldar a lo largo de los 2 metros de la jigger, teniendo en cuenta que solamente se hará por las orillas, pues se recomienda utilizar dos láminas dobladas para cubrir la longitud total necesaria.

Teniendo al final dimensiones de 3.74 m de superficie que toca las paredes por 2 m de longitud de la máquina. Para llegar a estas medidas se tiene en cuenta dejar un margen de 0.05 m entre los cilindros que llevan la tela y la lámina inoxidable.

El volumen de agua necesario para teñir en el nuevo sistema es de 0.23 m<sup>3</sup>, que equivale a un ahorro del 47.2% con relación al sistema actual.

Manteniendo constante la relación de colorantes-químicos auxiliares-agua, se tendrá un ahorro en los colorantes y químicos auxiliares de 0.79 Kg y 6.61 Kg respectivamente por lote.

De la misma forma, para el enjuague se requiere menor cantidad de agua de entrada para mantener el ciclo, con el fin de utilizar los mismos tubos de la máquina se tomará la entrada de 2/3 de la actual, teniendo un ahorro de 8.1 m<sup>3</sup> por lote.

El consumo de vapor disminuirá en función del calor necesario(36,958) para mantener la temperatura a 95° C con la nueva masa, resultando una reducción del 24%. Utilizando tubos de acero IPS de 1” de diámetro y 2 m de largo, se tendrían que utilizar 4 distribuidos en el área de contacto con la solución.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

Anualmente se tendría una disminución de la descarga de 334.7 m<sup>3</sup> de agua teñido, 11,785.5 m<sup>3</sup> de agua de enjuague, 1,149.5 kg de colorante descargado y 9,617.6 kg de químicos auxiliares. Además, con la disminución de 97.92 ton de vapor se llega a una reducción del consumo de petróleo a 7.1 m<sup>3</sup> anuales, que evita que se produzcan 21.3 kg de CO<sub>2</sub> y 85.0 kg de N<sub>2</sub> anuales.

En este caso se puede hacer una comparación del nivel ambiental que alcanzaría la alternativa propuesta en la descarga de agua con colorante.

Elemento	Carga relativa	Volumen de descarga anual	Carga específica anual	Volumen de descarga anual	Carga específica anual
DQO	708 mg/l	813,000 lt	576 kg	478,300 lt	338.6 kg
DBO <sub>5</sub>	60 mg/l	813,000 lt	49 kg	478,300 lt	28.7 kg
SST	530 mg/l	813,000 lt	431 kg	478,300 lt	253.5 kg

[Fuente carga relativa: Pruebas realizadas por la empresa 1]

La concentración de la solución (carga relativa) para el proceso se mantiene constante en la alternativa, por lo que la disminución del volumen de descarga provoca una disminución de la carga específica anual en 41%.

### C. BENEFICIO ANUAL

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Agua de proceso		12,120.2 m <sup>3</sup>	0.08 \$/m <sup>3</sup>	\$ 969.6
3			Colorante	0.79 kg	1,149.5 kg	11 \$/tkg	\$ 12,644.5
3			Químicos auxiliares	6.61 kg	9,617.6 kg	3 \$/kg	\$ 28,852.8
3			Vapor		97.9 ton	14 \$/ton	\$ 1,370.6
		3	Trat. de aguas		12,120.2 m <sup>3</sup>	0.15 \$/m <sup>3</sup>	\$ 1,818.0
Beneficio anual total							\$ 45,655.5

### D. INVERSIÓN

Por lo complejo del cambio, la instalación se debe hacer en el espacio reservado para el mantenimiento de la empresa, para evitar pérdida de producción.

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión anual
Lamina de acero inoxidable			\$ 10.0
Soldadura	0.2 \$/m	3.74 m	\$ 1.8
Instalación de lámina de acero			\$ 100.0
Reinstalación de entrada de agua, serpentín, sensores y electroválvula			\$ 750.0
Inversión anual total			\$ 861.8

### E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

En este caso no existe modificación en el costo de operación, pues se conservan las mismas operaciones de limpieza y mantenimiento de la máquina.

### F. PERIODO DE RETORNO

$\$ 861.8 / \$ 45,655.5 = 0.02$  años; es decir, una recuperación inmediata.

### G. INDICES FINANCIEROS

El valor actual es de 180.2 \$/ton y está obtenido a partir del consumo de agua, vapor, colorante, químicos auxiliares, energía de lavado y tratamiento de aguas. El valor propuesto llegaría a 90.9 \$/ton.



## 4.2.4 PROCESO DE RESINADO

### 4.2.4.1 DISMINUIR TAMAÑO DE CUBA (Medida obvia de reducción, manejo y transferencia de materiales)

#### A. DESCRIPCIÓN

Debido al hecho de que resta una cantidad importante de solución agua-resina al finalizar la operación se propone reducir el tamaño de la cuba para que de este modo se pueda disminuir esta cantidad que sobra, la solución bajara no directamente a la cuba como hasta ahora, sino que llegará una especie de embudo, para luego entrar por una pared lateral a la cuba. La alternativa surgió dentro del grupo de trabajo, en la lluvia de ideas para la reducción general de soluciones.

#### B. EVALUACIÓN TÉCNICA

Figura 4.10 Rediseño de entrada

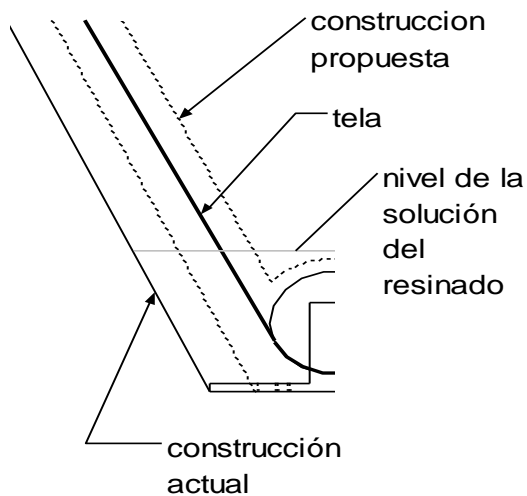
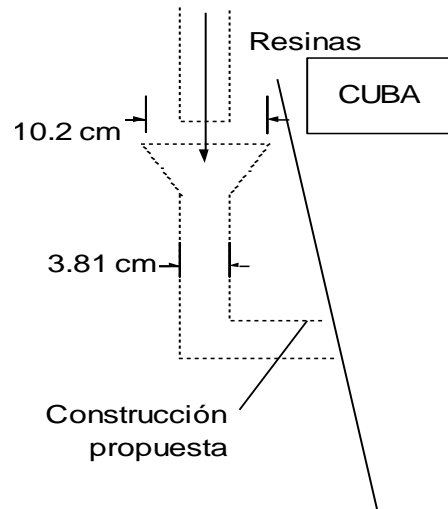


Figura 4.11 Rediseño cuba 1

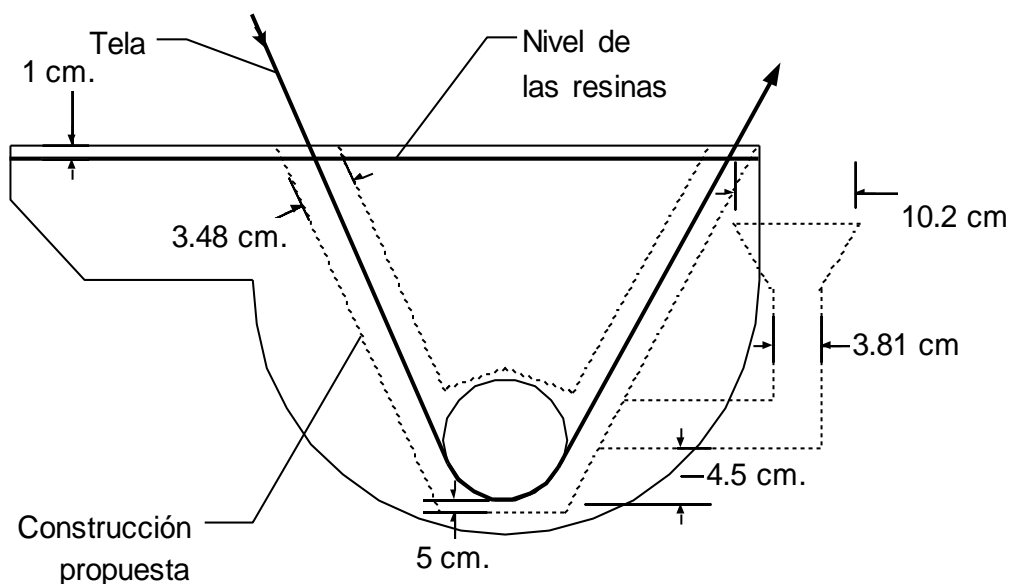


En la figura 4.10 se puede apreciar la mitad de la vista frontal de un corte transversal de la cuba 1 de la resinadora, como se puede observar solo se recorta el ancho y no el largo, la reducción es de 5.8 cm. en la parte inferior, y 5.2 en la parte superior. También se incluye un relleno para la cuba el cual se colocará dentro para restar espacio, este constará de una lámina doblada en forma de "w" la cual se fija a una guía dentro de la cuba por medio de pernos se incluye dos empaques para evitar la fuga de resinas. Se tuvo el cuidado de recortar el espacio sin alterar el tiempo en

el cual la tela esta sumergida en la solución resinas-agua, dejando suficiente espacio para que las resinas se desplacen con libertad dentro de la cuba, ya que estas son un material muy viscoso.

En la figura 4.11 se aprecia el diseño para la construcción de un embudo, esto es necesario debido a que al colocar el relleno de la cuba no se podrá verter la solución resina-agua como hasta ahora, en la parte superior, por lo que el embudo permitirá que la solución baje directamente al fondo.

Figura 4.12 Rediseño de cuba 2 en el resinado



La figura 4.12 muestra el diagrama del diseño de la cuba 2, aunque el dibujo no esta a escala se muestran con claridad las medidas, y el embudo que llevaría, el cual tendría la misma función que en el caso anterior, así como la plancha en forma de "w".

Tabla 4.37 Índices de producción actuales y proyectados al reducir el tamaño de las cubas

Índice actual	Índice proyectado	Reducción
424.46 kg de solución / Ton de PT	374.17 kg de solución / Ton de PT	11.84%.

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

### C. REDUCCIÓN EN CONSUMO Y DESECHOS

Debido a la naturaleza del proceso las cantidades reducidas en el consumo serían las mismas que se dejarían de expulsar al ambiente. Tomando la densidad de la solución igual a la del agua y en base a la composición de la solución (8.77% resinas y 91.22% agua), se determinan los ahorros en resinas y agua.

Tabla 4.38 Reducción en el consumo al disminuir el volumen de las cubas

Material	Valor diario	Valor anual
Volumen de solución reducido en las cubas	0.2814 m <sup>3</sup> (281.49 kg)	-----
Resinas	24.68 kg	5,984.9 kg
Agua	256.77 kg	62.26 m <sup>3</sup>

### E. ÍNDICES AMBIENTALES

Tabla 4.39 Valores actuales y estimados de las carga luego de la aplicación de la alternativa

Valores actuales de carga		Valores anuales actuales	Carga anual con la implementación
DBO <sub>5</sub>	20 mg/lit	1.87 kg	0.5 kg
DQO	2,354 mg/lit	219.55 kg	58.9 kg
SST	270 mg/lit	25.18 kg	6.76 kg

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO

### F. BENEFICIO ECONÓMICO

Multiplicando las cantidades de resinas y agua por su precio se obtiene el beneficio anual esperado:

Tabla 4.40 Beneficio económico al reducir el volumen de las cubas

Insumo	Cantidad anual reducida	Beneficio anual
Resinas	416.85 kg	\$ 714.16
Agua	4.33 m <sup>3</sup>	\$ 0.34
	Beneficio total:	\$ 717.29

Estas cifras se obtuvieron tomando como base los costos proporcionados por la empresa.

## G. INVERSIÓN INICIAL

Para esta parte los costos serían:

Tabla 4.41 Inversión inicial: cortar la franja a ambos lados y volver a soldar, cuba 1

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	1.76 lb	0.54 \$ / lb	0.95
Soldador	1 hora	0.10 \$ / Kwh	0.52
Disco Pulidora	30% desgaste de disco	\$ 3.0	0.90
Pulidora	1 horas	0.10 \$ / Kwh	0.09
Suma Total			2.46 \$

La parte del relleno se fabricará de lámina a la cual se le dará la forma de “w”, por medio de una dobladora, por lo que no necesitará soldadura.

Tabla 4.42 Inversión inicial eliminando el volumen sobre la cuba 1

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	0.918 lb	0.54 \$ / lb	0.49
Soldador	0.45 horas	0.10 \$ / Kwh	0.40
Disco Pulidora	10% desgaste del disco	3.0 \$/disco	0.30
Pulidora	0.166 horas	0.10 \$ / Kwh	0.01
platina de 2 ¼”	0.4584 m	0.75 \$/m	0.34
Pernos	8 unidades	0.07 \$/unid.	1.12
Lamina calibre 16	1.178 m <sup>2</sup>	3.3 \$/m <sup>2</sup>	3.88
Suma Total			6.54 \$

Tabla 4.43 Inversión inicial para la construcción del embudo

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Electrodos	0.1608 lb	0.54 \$ / lb	0.08
Soldador	1 hora	0.10 \$ / Kwh	0.53
Disco Pulidora	10% desgaste del disco	3.0 \$/disco	0.30
Pulidora	0.166 horas	0.10 \$ / Kwh	0.01
Tubería de 1 ½”	0.16 m	1.35 \$/m	0.22
Codo de 1 ½”	1 unidad	1.75 \$/unid	1.75
Lamina calibre 16	0.0141 m <sup>2</sup>	3.3 \$/m <sup>2</sup>	0.05
Suma Total			2.94 \$

Los costos anteriores nos dan como total: \$11.94. De manera similar se obtuvieron los costos para la cuba 2 que dieron como total: \$17.17. Se estiman necesarias 114 H-H, para construcción de las modificaciones, y capacitación del personal lo que equivale a \$88.83. Lo que proporciona una inversión inicial de: \$117.94.

## H. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Según datos proporcionados por la empresa a la resinadora se le realiza mantenimiento 2 veces por año, se pronostica que la nueva alternativa no eleva significativamente estos costos, que actualmente ascienden a \$1,234.28 anuales. Esto mismo se aplica a el resto de las alternativas para el resinado.

## I. PERÍODO DE RECUPERACIÓN

Al dividir la inversión inicial entre los beneficios económicos, se obtiene que se necesitarán 2 meses para recuperar el capital invertido.

## J. ÍNDICE FINANCIERO

Tabla 4.44 Índices financiero actual y estimado para la reducción en el volumen de las dos cubas

Índice actual	Índice en el caso de la implementación	Reducción
63.82 \$/Ton. de producto terminado (solo tomando en cuenta las resinas)	56.26 \$/Ton. de producto terminado (solo tomando en cuenta las resinas)	11.84%

Se puede deducir que la alternativa tiene un tiempo breve de recuperación y genera beneficios aceptables.

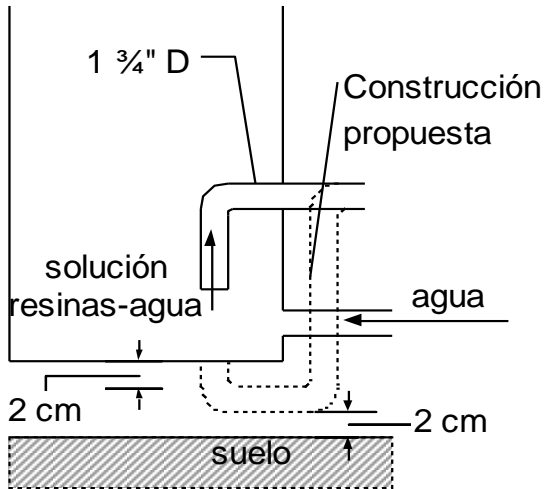
### 4.2.4.2 MODIFICACIÓN EN EL DEPÓSITO MEZCLADOR (Medida obvia de reducción, manejo y transferencia de materiales)

#### A. DESCRIPCIÓN

Como se puede observar en la figura 4.13 la bomba no alcanza a succionar toda la resina del depósito, y al final ese volumen se desperdicia, al colocar la tubería que se dirige hacia la bomba en el piso, se succionará toda la solución resinas-agua. La idea surge en el grupo de trabajo al realizar el balance de materia, de donde surge la evidente fuente de desperdicio en este punto del proceso.

## B. EVALUACIÓN TÉCNICA

Figura 4.13 rediseño del depósito mezclador resinas-agua



La modificación propuesta consta en si en desviar el conducto por el cual la solución resinas-agua es aspirada hacia la máquina resinadora, el conducto es dirigido hacia abajo antes de llegar al depósito, para luego dar una vuelta en “u” e introducirse por la parte de abajo del depósito, para esto no es necesario abrir el piso ya que el mezclador, que es de forma cuadrada, es soportado por dos bordes de concreto en los extremos por lo que existe un espacio

de aproximadamente 8 cm. de alto entre el suelo y el piso del depósito.

Tabla 4.45 Índices de producción actuales y proyectados al reducir el tamaño de las cubas

Índice actual	Índice proyectado	Reducción
424.46 kg de solución / Ton de PT	420.92 kg de solución / Ton de PT	0.83%.

## EVALUACIÓN AMBIENTAL

### C. REDUCCIÓN EN CONSUMO Y DESECHO

Tabla 4.46 Reducciones anuales al disminuir el tamaño del depósito

Solución resinas - agua	Resinas	Agua
4,801.5 kg / año	421.58 kg / año	4,379.92 kg / año

Estas cantidades ya no se deberán producir. Como se fabricará menos mezcla esto también traerá una disminución en la cantidad de trabajo y en el tiempo que se invierte para preparar la solución.

### E. ÍNDICES AMBIENTALES

La cantidad de agentes contaminantes tiene una ligera disminución, por lo que debido a la sencillez de la alternativa, esta se justifica.

Tabla 4.47 Valores actuales y estimados de las carga luego de la reducción en el volumen del depósito

Valores actuales de carga	Valores anuales actuales	Carga anual con la implementación
DBO <sub>5</sub>	20 mg/lit	1.87 kg
DQO	2,354 mg/lit	219.55 kg
SST	270 mg/lit	25.18 kg

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO

### BENEFICIO ECONÓMICO

Multiplicando las cantidades de resinas y agua por su costo se obtiene el beneficio anual esperado:

Tabla 4.48 Consumo de agua y resinas

Insumo	Cantidad reducida	Beneficio anual
Resinas	421.58 kg	\$ 722.26
Agua	4.37 m <sup>3</sup>	\$ 0.35
Beneficio anual total:		\$ 722.61

Las cifras anteriores se obtuvieron tomando como base los costos proporcionados por la empresa.

### INVERSIÓN INICIAL

El costo por tapan el agujero que resulta al cambiar el sitio por donde la solución es extraída es pequeño, y no se desglosará como los demás costos.

Tabla 4.49 Inversión inicial para reducir el volumen de la resinadora (eliminando el volumen sobre la cuba)

Material	Cantidad a utilizar	Costo	Costo neto(\$)
Tubería de 1 3/4"	0.311 m	10.3 \$ / m	0.53
Codos	3 unidades	1.75 \$/unid.	5.25
Costos combinados	-	-	1.5
Suma Total			\$ 7.28

Los costos combinados Incluyen los materiales y energía invertidos en quitar la tubería actual, sellar el agujero que resulta y abrir uno nuevo en el piso. Se estiman 20 H-H para la construcción, y capacitación lo que equivale a \$15.58. En total la inversión inicial es de \$ 22.86.

### PERÍODO DE RECUPERACIÓN

De acuerdo con los datos anteriores el período de recuperación es de 12 días

## ÍNDICE FINANCIERO

El índice actual es el mismo que se mostró en la sección anterior, luego de la implementación de la mejora sería de 63.29 \$/Ton. de producto terminado.

Se resuelve que esta es una opción de poca envergadura, pero no se debe olvidar que el reducir costos por pequeños que estos sean, es importante para que las empresas alcancen competitividad.

### 4.2.5 INSPECCIÓN

#### 4.2.5.1 CAMBIO DE LA MEDIDA DE SEÑALIZACIÓN DE CADA PIEZA (CAMBIO DE PROCEDIMIENTOS)

##### A. DESCRIPCION

La tela utilizada para poner el código de cada pieza disminuirá al reducir el espacio en el cual se coloca dicho código, la señalización de cada pieza deberá de ser de cinco centímetros de alto a todo el ancho de la tela. Durante la inspección, al finalizar el yardaje requerido de cada pieza se realiza un corte a la orilla de la tela, donde se coloca un código y el yardaje de cada pieza, lo que se pretende es predeterminar el orden y la forma de colocación de sus respectivos distintivos, se deberán colocar uno seguido del otro, primero el yardaje y después el código. La alternativa se ha basado en la visualización que el grupo ha tenido en lo que respecta al proceso actual de inspección, así como también se ha tomado en cuenta entrevistas realizadas al personal de dicha operación.

##### B. EVALUACION TÉCNICA

Disminuir el desperdicio por pieza utilizado para colocar el código, cada pieza tiene un promedio de 58 yardas. Actualmente se utilizan 18 centímetros para colocar el código a cada pieza, lo que representa 0.197 yardas de cada pieza; el consumo anual de tela es de 5,288,962.8 yardas, al minimizar la cantidad de espacio utilizado para colocar el código, también se reduce la cantidad de tela desperdiciada por pieza, debido a que la señalización es colocada con una tinta especial que no se desvanece.

### C. REDUCCION EN LOS DESECHOS

Con el consumo anual de tela en yardas y el yardaje por pieza, se obtiene el número de piezas anuales, en este caso son 5,288,962.8 yardas y un promedio de 58 yardas por pieza, es decir 91,189 piezas al año. Del número de piezas anuales y la cantidad utilizada para el código en yardas, se obtienen las yardas desperdiciadas anualmente en la señalización, actualmente con los 18 centímetros se pierden 17,964.23 yardas, con los 5 centímetros se desperdician 5,015.40 yardas. Haciendo una comparación entre las dos medidas se tiene que 12,948.83 yardas anuales que podrían ser vendidas en vez de desperdiciadas.

Tabla 4.50 Reducción de desperdicio de tela

	CANTIDAD (cm)	PIEZAS AL AÑO	DESPERDICIO (yardas)
ACTUAL	18	91,189	17,964.23
PROPUESTO	5	91,189	5,015.40
REDUCCIÓN	13		12,948.83

Por el hecho de ser la alternativa un cambio de procedimiento, no altera de ninguna forma el desempeño de la operación, por lo que no requiere de ningún tipo de inversión, costos operativos extras, y por ende no tiene período de retorno.

### D. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO

#### BENEFICIO ECONOMICO

Con el precio de la tela por yardas, y las yardas totales del desperdicio se obtiene el beneficio anual esperado.

Tabla 4.51 Beneficio económico del cambio de señalización de tela

	Cantidad anual reducida	Costo anual
Actual	17,964.23 yardas	\$ 26,946.34
Propuesto	5,015.4 yardas	\$ 7,523.1
	Beneficio Total:	\$ 19,423.24

## INDICE FINANCIERO

El índice financiero manejado asociado con la cantidad de tela desperdiciada es de 2.74 \$/kg de producto terminado, sin embargo con la puesta en marcha de la alternativa el índice sería de 0.51 \$/kg de producto terminado.

### 4.2.6 PÉRDIDAS DE CALOR

#### 4.2.6.1 AISLAMIENTO DE TUBERIAS DESCUBIERTAS (Cambios tecnológicos)

##### A. DESCRIPCION

Utilizar fibra cerámica aislante para tuberías descubiertas, así se podrá minimizar el calor perdido. Para la alternativa se tomó en consideración pautas o guías dadas por el asesor, el libro de RESNICK-HALLIDAY, Física, Volumen I, e información proporcionada en OXGASA, acerca del material apropiado a utilizar.

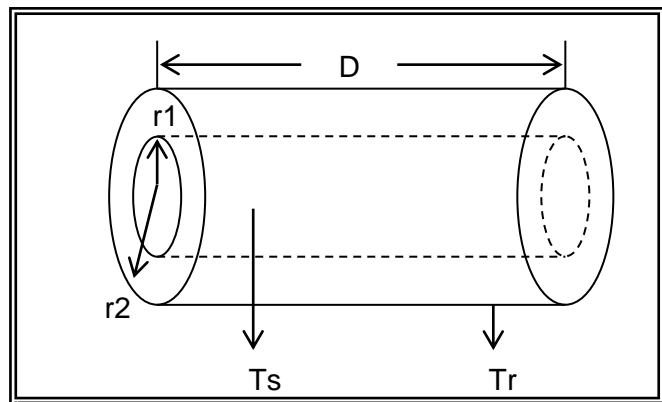
##### B. EVALUACION TÉCNICA

La fibra cerámica aislante es liviana, flexible y se adapta a operaciones con temperaturas de 1,230 ° C, es indicado tanto para elevadas temperaturas como bajas temperaturas y tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0.7 W/m °C. Su composición química es la siguiente, silicio SiO<sub>2</sub> (49.1%), aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50.2%), oxido de hierro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.2%), calcio CaO (0.1%), magnesio MgO (0.1%), titanio TiO<sub>2</sub> (0.1%), alcalis Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (0.2%). Cada pieza tiene una pulgada de espesor, dos pulgadas de ancho y 25 pies de largo.

Utilizando la transferencia de calor por conducción se tiene lo siguiente:

Figura 4.14 Tubería de vapor

$$H = \frac{2\pi kD (T_s - T_r)}{\ln (r_2/r_1)}$$



Donde:

H = pérdida de calor

k = constante de conductividad térmica

D = longitud de cada tubería descubierta

Ts = temperatura externa de la tubería descubierta

Tr = temperatura externa de la tubería aislada

r2 = radio de tubería descubierta

r1 = radio de tubería recubierta con el aislante

Actualmente en la planta de acabado se pierden 31,497.34 kJ/h de calor por tuberías descubiertas, tomando en consideración que se trabajan 5,820 horas al año, representa una pérdida anual de 183, 314,518.8 kJ.

Utilizando el aislante de fibra cerámica en las tuberías no aisladas, se pierde 7,107.45 kJ/h, que constituyen 41, 365,359 kJ al año, por lo que la pérdida de calor se reduce en 141, 949,159.8 kJ anualmente.

### C. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

#### REDUCCIÓN EN EL CONSUMO

Utilizando la ecuación de calor  $Q = m\Delta h$ , se obtiene que el vapor perdido actualmente es de 587.7 kg por hora, es decir 3,418,643.8 kg de vapor al año.

Con la fibra cerámica aislante la pérdida de vapor se reduce a 132.55 kg/h, que representa 771,425.14 kg de vapor al año. Minimizando la pérdida en 2,647,218.66 kg al año.

#### REDUCCION EN LOS DESECHOS

La reducción en el consumo de vapor anual, permite eliminar la cantidad de petróleo desperdiciada y así mismo el combustible, la quema del combustible incurre emisiones de CO<sub>2</sub> , N<sub>2</sub> , SO<sub>2</sub> , H<sub>2</sub>O. La masa del combustible recurre en la obtención de la masa de los contaminantes que no se emitirán. El aislamiento de las tuberías ahorra 49,180.9 galones de petróleo que equivalen a 191.93 toneladas de combustible al año, la combustión de esta masa de bunker N° 6 deja de generar las siguientes emisiones anualmente:

Tabla 4.52 Indices de descarga para el aislamiento de tuberías

	ACTUAL (TON)	ALTERNATIVA (TON)	DIFERENCIA DE REDUCCION (TON)
CO <sub>2</sub>	785.95	177.35	608.6
N <sub>2</sub>	2,576.96	581.48	1,995.48
SO <sub>2</sub>	11.10	2.51	8.59
H <sub>2</sub> O	226.79	51.17	27.83

#### INDICES AMBIENTALES

Dentro de los índices ambientales, se encuentra la disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>. El índice ambiental esta representado como tonelada de emisión por tonelada de producto terminado en la siguiente tabla:

Tabla 4.53 Descarga anual para el aislamiento de tuberías

	ACTUAL	ALTERNATIVA	REDUCCION
Ton CO <sub>2</sub> / Ton producto terminado	0.55	0.13	0.42
Ton N <sub>2</sub> / Ton producto terminado	1.83	0.41	1.42
Ton SO <sub>2</sub> / Ton producto terminado	0.007	0.001	0.006

#### D. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO

##### BENEFICIO ECONOMICO

Tomando en consideración que el vapor tiene un costo de \$14.4/Ton y la cantidad de vapor desperdiciado por pérdidas de calor en kg al año, se obtiene que el costo del calor perdido actualmente es de \$49,228.47 al año, con el aislamiento la pérdida se reduce a \$11,108.52 al año. Por lo que se obtiene un beneficio anual de \$38,119.95 al año.

##### INVERSION INICIAL

Cada pieza de fibra aislante tiene un valor de \$160.78, tomando en consideración el diámetro y longitud de cada tubería descubierta, se requieren 31 piezas para recubrir dichas tuberías. La inversión total es de \$4,984.18.

##### COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Los costos operativos anuales no son representativos, debido a que después de la instalación del aislante no se requiere de ningún tipo de mantenimiento.

## PERÍODO DE RECUPERACIÓN

Con la inversión de \$4,984.18 y el beneficio anual de \$38,119.95, se obtiene que la inversión queda saldada en un mes con 17 días, a partir de esta fecha lo que se deja de perder de vapor es un beneficio para la empresa.

## INDICE FINANCIERO

La relación del consumo de vapor por tonelada de producto terminado, es de 34.87 \$/Ton de producto terminado, con la alternativa del aislamiento el índice sería de 7.87 \$/Ton de producto terminado, percibiendo una diferencia de 27 \$/ Ton de producto terminado en el índice.

### 4.2.7 ALMACENAJE, SEGURIDAD, SALUD Y MANEJO DE MATERIALES

#### 4.2.7.1 CAMBIO DE UTILIZACION EN LOS INSTRUMENTOS

##### (CAMBIO DE PROCEDIMIENTOS)

###### A. DESCRIPCION

Utilizar cucharones para pesar los diferentes colorantes. Cada colorante debe tener un cucharón para colocar la cantidad necesaria en el depósito donde este se va a pesar. Para dicha alternativa, el grupo observó la necesidad de implementar un sistema que reduzca la cantidad de colorante esparcido en el ambiente.

###### B. EVALUACION TÉCNICA

Actualmente para retirar los colorantes de sus recipientes antes de pesarlos, se utiliza un depósito, en el cual una parte del colorante queda adherida a este, el recipiente posteriormente es colocado en una repisa donde el colorante adherido se desprende y pierde. Cada cucharón deberá permanecer dentro del recipiente del color que le corresponda, para minimizar el desperdicio de colorante perdido en el ambiente.

## C. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

### REDUCCION EN EL CONSUMO

La reducción en el consumo se obtiene mediante una comparación de la cantidad de colorante que se compra y la cantidad de tela que se tiñe anualmente con dichos colorantes, con la cantidad de colorante anual que se pierde en el ambiente, que puede ser utilizado en el proceso, resultando un menor consumo anual del colorante.

### REDUCCION EN LOS DESECHOS

El colorante adherido a los depósitos que finalmente se desprende y derrama dejaría de perderse.

## D. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO

### BENEFICIO ECONOMICO

Para determinar el beneficio económico es necesario primero conocer la cantidad de colorante que actualmente se pierde en el ambiente, por lo cual se debe realizar la siguiente secuencia de pasos:

1. Pesar los depósitos completamente limpios utilizados para retirar colorante.
2. Pesar una porción de plástico con las dimensiones necesarias para cubrir la repisa donde se colocan los depósitos utilizados para pesar el colorante.
3. Colocar un plástico en la repisa donde se colocan los depósitos con los que se retira el mismo antes de ser pesado.
4. Al final de día pesar los depósitos con el colorante adherido y el plástico colocado en la repisa con el colorante derramado.
5. Al final del día pesar el depósito limpio sin ninguna partícula de colorante.
6. Con la cantidad de colorante que se pierde diario y el número de días trabajados al año, se obtiene el colorante que se pierde anualmente.
7. Con el precio del colorante y la cantidad perdida anualmente de colorante, se obtiene el beneficio del colorante que se dejaría de perder, el cual se utilizaría en el proceso.

#### INVERSION INICIAL

La inversión inicial se proyecta solamente al costo total de los cucharones, que asciende a \$15.00.

#### COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Dicha alternativa no representa ningún costo operativo anual, debido a la carencia de necesidad de mantenimiento.

#### PERÍODO DE RECUPERACIÓN

El período de recuperación dependerá de la cantidad de colorante que actualmente se pierde en el ambiente y del beneficio económico que esta represente.

#### INDICE FINANCIERO

El índice financiero se obtiene con el consumo anual de colorantes multiplicado por su precio, este valor entre la cantidad total de tela teñida al año.

#### 4.2.8.2 UTILIZACION DEL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

##### (BUENAS PRÁCTICAS)

##### A. DESCRIPCION

Utilizar mascarillas para las vías respiratorias en la bodega de materia prima de colorantes. Para el desarrollo de la alternativa se tomó en cuenta el libro de RODELLAR LISA, "Seguridad e Higiene en el trabajo", 1988 (Ver bibliografía)

##### B. EVALUACION TÉCNICA

El método más eficaz para obtener buenos resultados en la higiene y seguridad industrial, es realizar un reconocimiento de la importancia de la responsabilidad del empleador de garantizar que el lugar de trabajo sea seguro y no presente riesgos para la salud de los trabajadores, además de la adopción de una política de seguridad e higiene en la empresa; y el estímulo de una amplia participación de los trabajadores en las actividades de seguridad e higiene en el lugar

de trabajo. Los trabajadores deben estar informados de la índole de los riesgos profesionales a que pueden estar expuestos. La inhalación constante de colorantes representa una alta probabilidad de problemas respiratorios que con el transcurso del tiempo pueden terminar en enfermedades profesionales, conocidas como afecciones agudas o críticas que pueden ser víctima los obreros como consecuencia del ejercicio habitual de una profesión, por la manipulación de los materiales empleados o por la fluencia de las condiciones y procedimientos de la empresa, con necesidad de incapacidad.

A la entrada de la bodega de materia prima de colorantes debe haber un lugar para colocar por lo menos 5 mascarillas, así cada persona que ingrese a la bodega debe utilizar como obligación la mascarilla.

### C. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO BENEFICIO ECONOMICO

El beneficio directo que percibe la empresa, estriba en la reducción de permisos al seguro otorgados a los empleados, así como también incapacidades pagadas por la empresa, indemnizaciones y ausentismos por enfermedades. Una enfermedad profesional a largo plazo incurre en incapacidades, estas dependen de la gravedad del mismo, y se clasifican en tres: La incapacidad temporal representa la pérdida o disminución de las facultades de la víctima que le impide desempeñar su trabajo por algún tiempo. La incapacidad parcial, es la disminución de las facultades o actitudes de la víctima para desarrollar su trabajo para el resto de vida. La incapacidad permanente total, es la pérdida absoluta de facultades o actividades que imposibilita a un individuo para desempeñar cualquier trabajo para el resto de su vida.

### INVERSION INICIAL

La inversión total en las mascarillas es de \$3.00

### COSTOS OPERATIVOS ANUALES

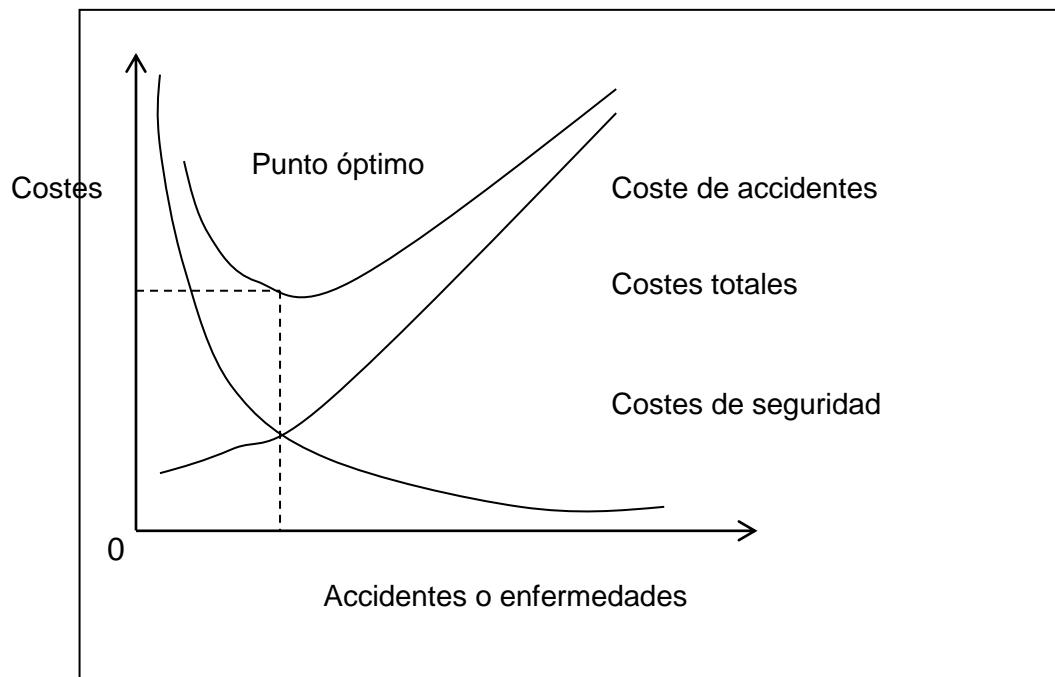
Dicha alternativa no presenta costos operativos anuales.

## CONTABILIZACION DE COSTES (RODELLAR LISA, 1988)

Entre los costes contabilizables se tiene:

1. Donativos a la familia.
2. Gastos funerarios y similares, con los que en ocasiones carga la empresa, independientemente de las prestaciones del Seguro Social.
3. Importe del complemento (hasta el 100%) que en algunas empresas se abona al lesionado durante el período de baja, y que es la diferencia entre el salario real y la prestación del seguro.
4. Importe de la diferencia entre el salario percibido por el lesionado antes del accidente, encuadrado en una categoría superior y el correspondiente al trabajo de categoría inferior que pudiera ocupar al reintegrarse debido a la incapacidad resultante manteniendo el salario antiguo.
5. Importe de la diferencia entre el salario mínimo garantizado en trabajos y el debido a su rendimiento real.
6. Costes adicionales del período de aprendizaje de los trabajadores nuevos que sustituyen al lesionado, en caso de no integrarse este.

Figura 4.15 Costes de la seguridad e inseguridad



Lo que se pretende es superar el punto de cruce de la curva de costes (pérdida) por accidentes o enfermedades con la curva de costes fijos en seguridad e higiene.

#### INDICES DE COSTES (RODELLAR LISA, 1988)

El índice de costes se obtiene de los costes en que incurre la empresa por permisos al seguro, incapacidades, ausentismos e indemnizaciones, por millón entre el número de horas trabajadas en procesos.

$$\text{Índice de Costes} = \frac{\text{Costos por ausentismos, incapacidades, seguro e indemnizaciones} \times 10^6}{\text{Número de horas trabajadas en procesos}}$$

#### 4.2.7.3 ELIMINAR EL CONTACO DE LAS EXTENSIONES CON EL AGUA (Buenas prácticas)

##### A. DESCRICION

Utilizar alambres para las extensiones. La alternativa tomada se decidió en discusión de grupo.

##### B. EVALUACION TÉCNICA

Durante todo el proceso de acabado se utilizan máquinas para unir una pieza con la otra, las extensiones de las mismas se encuentran sobre el suelo, en peligro de entrar en contacto con el agua derramada de las diferentes operaciones. Esta es considerada una condición insegura, estas se derivan del medio en que los trabajadores realizan sus labores, y se refiere al grado de inseguridad que pueden tener las empresas, la maquinaria, los equipos y los puntos de operación, que pueden eliminadas o corregidas. Por lo que se considera la utilización ya sea cables o alambres asegurados en el techo que sostengan las extensiones para que estas no entren en contacto con el agua.

## C. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO

### BENEFICIO ECONOMICO

Se puede evitar un cortocircuito, que a su vez podría ocasionar un incendio en la fábrica, resultando grandes pérdidas tanto económicas como humanas dentro de la fábrica. Se hace referencia a la probabilidad de eliminar accidentes potenciales como incendios provocados por cortocircuitos, que lleven a pérdidas o daños dentro de la empresa, incurriendo en costes por accidentes hasta incapacidades e indemnizaciones.

### INVERSION INICIAL

Para esta alternativa no es necesario incurrir en ningún tipo de gasto, ya que se puede utilizar cualquier tipo de alambres o cables que ya no sean utilizados.

### COSTOS OPERATIVOS ANUALES

No es necesario incurrir en ningún costo operativo anual, sin embargo los cables o alambres deben tener una adecuada limpieza cada cierto tiempo.

### RECOMENDACION:

En las máquinas ranas utilizadas, se deben colocar guías para minimizar el desperdicio de tela cada vez que la pieza pasa de un proceso a otro. La adquisición de cada guía hecha es de \$30.00, sin embargo se puede soldar al prensatela un guía hecho con lámina galvanizada, una pieza de 13x13 centímetros de lámina galvanizada cuesta \$6.00, lo que sirve para 12 máquinas. Por cada 10 piezas se pierden 0.53 yardas de tela desde el proceso de desengomado hasta inspección, si se sabe que en la empresa 1 el consumo anual de tela es de 91,189 piezas, se puede determinar que anualmente se desperdician 4,833 yardas. El guía se utiliza para que el operario sepa donde debe pasar la costura, cortando la menor cantidad de tela posible al momento de unir una pieza con la otra.

## 4.3 ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA EMPRESA 2

### 4.3.1 ENGOMADO DE LONA

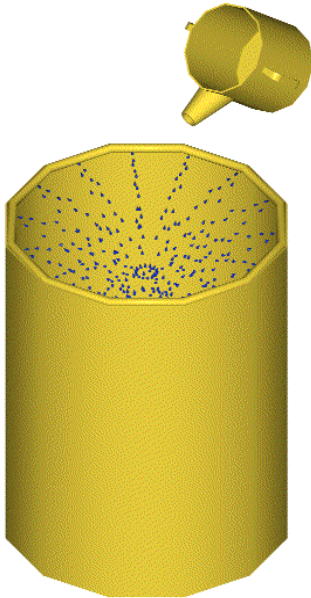
#### 4.3.1.1 MEJORA DEL PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LA GOMA (TRANSFERENCIA Y MANEJO DE MATERIALES)

Preparar la solución directamente en el tanque de la goma, ingresando la goma en recipientes con medida exacta de goma y colocando un aspersor en la parte superior de tanque para evitar el retorno de la goma en polvo. Además, colocar indicador de nivel de agua en el tanque. La alternativa es una recomendación del grupo de trabajo ante las evidentes pérdidas en el manejo de materiales.

#### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

Actualmente, se generan pérdidas de goma en polvo del 3%. Provocado por el mal manejo de materiales, especialmente en el llenado del depósito intermedio por recipientes de gran tamaño

Figura 4.16 Llenado de tanque



Para evitar la pérdida de almidón en polvo, se recomiendan tres mejoras en las fases de manejo, que se complementan entre ellas:

1. Colocar toda la materia prima en un tanque principal de 1 Ton, que posea una salida en la parte inferior por medio de una válvula para polvos y una tapa en la parte superior. Bajo estas condiciones se podrá almacenar en condiciones secas y al existir la salida abajo, se puede asegurar la primera entrada – primera salida. Actualmente, las pérdidas por mantener los sacos a la intemperie es de 0.7 kg por saco de 100 kg.

2. Utilizar un recipiente de manejo de almidón en polvo especial, que posea una marca interior que indique la cantidad necesaria para el proceso, que evitará tener que pesar el almidón por proceso. Además, tendría que poseer una salida alterna en forma de embudo, que obligaría al operario a descargar lentamente el almidón sobre el tanque de preparación, minimizando las pérdidas por aire.

3. Para complementar la descarga al recipiente, se recomienda que el tanque de preparación sea modificado con un tubo circular colocado en la parte superior, donde orificios a los costados y una entrada de agua interna provocará que funcione como un aspersor. Este funcionará solamente mientras se descarga el almidón, tal como se muestra en la figura 4.16. El motivo es que las gotas de agua de la superficie empujen hacia en interior las partículas de goma que podrían mantenerse suspendidas en el aire, evitando las pérdidas y mezclando mejor la solución, pues esto ayudaría a que estén mejor disueltas en el agua.

En conjunto estos procedimientos generarían un ahorro de 1 kg de almidón por lote ó 3.2 kg almidón/ton prod.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

La mejora ambiental se observaría en la reducción de emisiones atmosféricas del proceso, que representan 153.8 kg de almidón anuales, que podrían afectar la salud de los trabajadores.

## C. BENEFICIO ANUAL

Tabla 4.54 Beneficio anual para la mejora en la preparación de la goma

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Almidón	1.0 kg	153.8 kg	0.9 \$/kg	\$ 138.4

## D. INVERSIÓN

Tabla 4.55 Inversión para la mejora en la preparación de la goma

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión anual
Depósito de 1 ton.	\$ 35.0	1	\$ 35.0
Recipiente para manejar mp	\$ 1.0	2	\$ 2.0
Tubo cilíndrico y tuberías	0.23 \$/m	5	\$ 1.2
Instalación de dispositivos			\$ 50.0
Inversión anual total			\$ 89.2

## E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Los costos de limpieza y mantenimiento de los recipientes ascenderían a \$46.

## F. PERIODO DE RETORNO

$$\$89.2 / (\$138.4 - \$46.0) = 1 \text{ año}$$

#### 4.3.1.2 REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LA CUBA

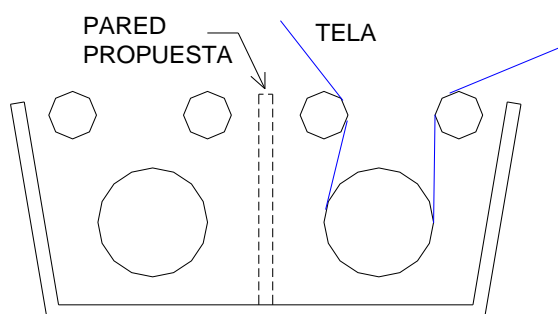
##### (CAMBIO EN EL PROCESO)

Ajustar el tamaño de la cuba a las necesidades reales de almidón por producto. La alternativa es una recomendación del operario encargado del proceso.

##### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

La cuba utilizada actualmente para el engomado de la lona tiene dos juegos de cilindros internos, sin embargo solo se utiliza uno de ellos para el proceso, lo que genera que el engomante acomodado en esa zona no se consuma.

Figura 4.17. Disminución del volumen de la cuba



La alternativa propuesta es colocar una pared que separe los dos compartimientos, tal como se muestra en la figura 4.17 que implicaría una disminución directa de  $0.21 \text{ m}^3$  ( $0.35 \times 0.3 \times 2.0 \text{ m}^3$ ) de solución para el proceso, que equivale al 14% del total. En este sentido, el ahorro de materiales sería de:

Almidón = 4.8 kg/ lote ó 15.0 kg almidón/ton prod.

Agua =  $0.20 \text{ m}^3$ /lote ó  $0.62 \text{ m}^3$ /ton prod

Vapor = 75.3 kg vapor/lote ó 235.0 kg vapor / ton prod

Para aprovechar el material disponible para hacer la modificación, se recomienda utilizar la pared externa de la cuba para el centro.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

Implica la reducción de la descarga en 145.4 m<sup>3</sup> anuales, que aunque mantienen la concentración de la carga, porque no hay modificación directa del proceso de la materia prima, disminuye la carga específica en 14%.

Además, con la reducción del consumo de vapor, también hay una disminución de consumo de 0.8 m<sup>3</sup> petróleo, que significan una disminución de los efluentes generados por la caldera en 2.4 kg de CO<sub>2</sub> y 9.6 kg de N<sub>2</sub>.

## C. BENEFICIO ANUAL

Tabla 4.56 Beneficio anual para la reducción del tamaño de la cuba

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Almidón ahorrado	4.8 kg	720 kg	0.9 \$/kg	\$ 648.0
3			Agua no utilizada	0.2 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	0.08 \$/m <sup>3</sup>	\$ 2.4
3			Vapor no utilizado	75.3 kg	11.3 ton	14.4 \$/ton	\$ 162.7
		3	Trat. de aguas		30 m <sup>3</sup>	0.15 \$/m <sup>3</sup>	\$ 4.5
Beneficio anual total							\$ 817.6

## D. INVERSIÓN

Tabla 4.57 Inversión para la reducción del tamaño de la cuba

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión anual
Soldadura eléctrica 3/32	0.18 \$/m	2.7 m	\$ 0.5
Mano de obra	1.5 \$/h	4.0 h	\$ 6.0
Inversión anual total			\$ 6.5

## E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

No existe variación en los costos operativos anuales, pues el movimiento de la pared no influye en la limpieza y mantenimiento de la máquina.

## F. PERIODO DE RETORNO

$\$6.5 / \$817.6 = 7.9 \times 10^{-3}$  años; es decir, existe recuperación inmediata.

#### 4.3.2 ENCERADO DE LONA

##### 4.3.2.1 OBTENER RELACIÓN DE PESO DE CERA CON LA LONA

###### (CONTROL DE PROCESO)

Obtener el índice de consumo de materia prima por producto a ser procesado, para conocer la cantidad de solución a preparar. La alternativa surge como idea del grupo al observar paros en el proceso en la pieza final.

###### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

El procedimiento actual es el de preparar la cera un día antes de introducir la tela, elaborando solución a la mayor capacidad de los tanques. Sin embargo, el tamaño del lote de lona a procesar no se conoce hasta el día de procesamiento, lo que impide saber cuanto material realmente será necesario. Esto constantemente lleva a dos casos:

1. Hacer más cera de la necesaria: Implica que la cera procesada no es utilizada y se pierdan costos por mano de obra y energía de preparación. Que representa el 70% de los casos, aunque el residuo no es constante, tiene un promedio de 14 kg/lote.

2. La cera no es suficiente: Cuando los operarios se dan cuenta que la cera no será suficiente para todo el producto, tienen indicado detener el proceso antes de que ingrese la pieza para la que ya no alcanzará a procesarse totalmente, dejando gran parte de la cera preparada y de la lona requerida sin procesar. En promedio, la cantidad de cera que no se procesa es de 56 kg/ lote.

Generalmente se procesan tres piezas por solución preparada en los tanques, en las dos primeras no hay problema, es en la tercera, cuando se llega a la etapa crítica por el desbalance de materiales. Sin embargo, en las dos primera se observó un comportamiento uniforme de absorción de lona, obtenido de la relación entre la absorción de cera y la masa final de 0.45 kg cera/kg prod.

Aunque con el índice de consumo se pueden eliminar los residuos de material en el proceso (0.98 ton solución por el primer caso y 1.68 ton por el segundo), no podrá hacerse mientras la empresa no cambie el sistema de programación y llegue a

conocer de antemano la producción del día para poder preparar la cantidad exacta de solución.

Tomando la capacidad máxima de producción de solución en 3.76 ton por lote, los índices de consumo de energía son:

Elemento	consumo energía	Tiempo	Consumo lote	Ind. consumo
Calentamiento	8.3 kW-h	24 h	199.2 kW-h	53.0 kW-h/ton
Batido de cera	1.6 kW-h	24 h	38.4 kW-h	10.2 kW-h/ton

Con esto se puede calcular el ahorro de energía de 141 kW-h para el calentamiento y 27.1 kW-h para el batido.

Además, para preparar 3.76 ton de solución, se necesitan 2 trabajadores por 3 horas, que equivalen a 1.6 h-h/ton ó 492.5 h-h anuales.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

El beneficio económico está en el ahorro energético por procesamiento de la lona, que aunque los residuos del proceso no se desechan, se utiliza energía eléctrica para procesarla.

## C. BENEFICIO ANUAL

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Ener. Calentamiento		141.0 kW-h	0.1 \$/kW-h	\$ 14.1
	3		Energía batido		27.1 kW-h	0.1 \$/kW-h	\$ 2.7
			Mano de obra	1.6 h-h/ton	2 .66 ton	0.9 \$/h-h	\$ 3.8
Beneficio anual total							\$ 20.6

## D. INVERSIÓN

La única inversión necesaria es la capacitación del jefe de producción para el uso del índice de consumo, que por su sencillez no requiere un costo adicional para la empresa. Solo tiene que preparar la tela y multiplicarlo por el índice para obtener el peso de cera necesario para su preparación.

## E. PERIODO DE RETORNO

Ya que no hay una inversión, la recuperación es inmediata.

#### 4.3.2.2 UTILIZAR 2 EJES POR MOTOR (CONTROL DE PROCESO)

Utilizar un motor para controlar ambos ejes del batido en los tanques. La idea surge del grupo de trabajo, al constatar el extenso uso de ambos motores para una misma operación, teniendo proximidad y mismo tiempo de operación.

##### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

El proceso actual tiene dos tanques de preparación de solución. Aunque esta uno al lado del otro, cada uno tiene de forma independientemente su sistema de calentamiento y de batido, que provoca un gasto doble en la preparación de la solución. Si bien, el sistema de calefacción no se podría compartir, si se puede hacer para el sistema de batido.

Los motores de batido están sobredimensionados, cada uno tiene capacidad de 2.7 kW, sin embargo, cada uno solo consume 1kW. Por lo que se puede concluir que uno de ellos es suficiente para manejar la fuerza de trabajo necesaria para el proceso, que ahorraría el consumo por arranque de motor (100 anuales).

Lo que se tendría que agregar para que funcione la propuesta son dos ruedas dentadas en cada eje, una cadena y un tensor.

##### B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

Está en el ahorro energético por procesamiento del producto encerado.

##### C. BENEFICIO ANUAL

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
	3		Energía arranque	1 kW	100 inicios	3 \$/kW	\$ 300

##### D. INVERSIÓN

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión anual
Ruedas dentadas	\$ 35.0	2	\$ 70.0
Cadena	\$ 4.0	1	\$ 4.0
Tensor	\$ 12.0	1	\$ 12.0
Instalación			\$ 60.0
Inversión anual total			\$ 146.0

##### E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Los costos operativos se mantienen constantes, pues el mantenimiento que se le tendría que dar al motor, ahora se le da al sistema de cadenas.

##### F. PERIODO DE RETORNO

$$\text{\$ 146} / \text{\$ 300} = 0.49 \text{ años} = 5.8 \text{ meses}$$

### 4.3.3 PROCESO DE TEÑIDO EN JIGGER

#### 4.3.3.1 COLOCAR EXPRIMIDOR A LA SALIDA DE LA JIGGER

##### (CAMBIO EN EL PROCESO)

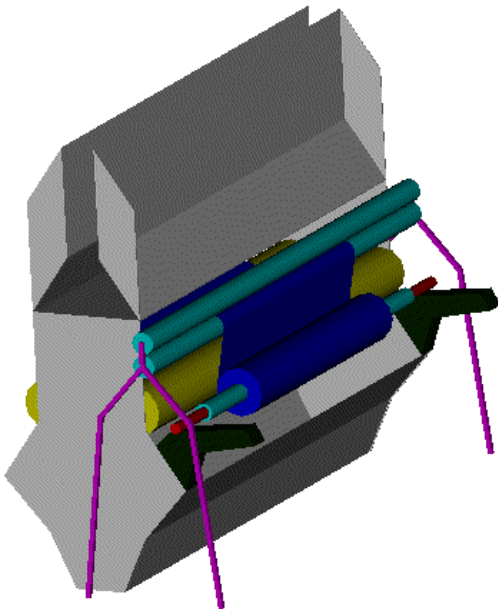
Colocar el exprimidor para disminuir el grado de humedad de la tela, que facilita el secado posterior en los cilindros. La alternativa surge como una extensión de los procedimientos utilizados en la empresa 1 en el presecado de sus productos.

#### A. EVALUACIÓN TÉCNICA

En el procedimiento actual, para extraer la tela teñida de la máquina se hace girar un eje de madera a la salida para recolectar la tela teñida y después trasladarla a un secador de cilindros. En esta etapa la tela aún lleva agua absorbida y agua de arrastre. En los cilindros, la tela es pasada dos veces por los cilindros, pues en la primera pasada, la tela no termina la suficientemente seca por la cantidad de humedad presentada en la tela.

Lo que se propone es colocar un pequeño exprimidor en la parte superior de la jigger (ver figura 4.18), que sirva para quitar el exceso de agua de arrastre y absorbida por la tela y con ello evitar el segundo paso por la secadora de cilindros.

Figura 4.18. Exprimidor de salida



El exprimidor no podrá colocarse directamente sobre la máquina, porque eso provocaría problemas de roce con el producto, por lo que se recomienda utilizar una base móvil para colocarla al costado. La ventaja de esto, es que solamente se necesita un exprimidor para las tres máquinas jigger de la empresa.

Esta alternativa se puede utilizar tanto para el teñido de lona, como de franela, puesto que ambos presentan el mismo problema en el secado en los cilindros.

Conociendo el tiempo que tarda un paso por los cilindros (25 min) y el consumo de vapor (122.3 kg/min), se sabe que el ahorro por lote sería de 3.1 ton de vapor por lote. Junto con este, se reduciría el consumo de petróleo en 0.24 kg/lote.

## B. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

Con la reducción de la necesidad de vapor en 1,240 ton anuales, se reduce el consumo de agua en 1,169.7 m<sup>3</sup>, los químicos y sales en 1,232 ton y el petróleo en 95.57 kg, que lleva a una reducción de descarga de 285.8 kg de CO<sub>2</sub> y 1144.0 kg de N<sub>2</sub> a la atmósfera.

Aunque los consumos de efluentes se reducen drásticamente, las descargas líquidas no se modificarán, pues el agua de la caldera se utiliza hasta que se pierde en el ambiente.

## C. BENEFICIO ANUAL

Tabla 4.62 Beneficio anual para el uso de exprimidor a la salida de jigger

Tipo ahorro			Elemento	Cantidad por lote	Cantidad anual	Costo unitario	Ahorro anual
MP	Ener	Trat					
3			Vapor	3.1 ton	1,240 ton	14.4 \$/ton	\$ 17,856.0

## D. INVERSIÓN

Tabla 4.63 Inversión para el uso de exprimidor a la salida de jigger

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Inversión inicial
Cilindros para exprimidores	\$ 90	2	\$ 180.0
Tubos de hierro	1 \$/m	8 m	\$ 8.0
Mano de obra por fabricación			\$ 40.0
Inversión inicial total			\$ 228.0

## E. COSTOS OPERATIVOS ANUALES

El costo de limpieza y mantenimiento del sistema llega a los \$ 86 anuales.

## F. PERIODO DE RETORNO

Inversión/(Beneficios anuales-Costos operativos anuales)

$\$228.0 / (\$17,856.0 - \$86.0) = 0.01$  años; es decir hay recuperación inmediata.

#### 4.3.4 PROCESO DE PLASTIFICADO

##### 4.3.4.1 FORMULACIÓN PARA ELABORAR SOLUCIÓN PLASTIFICADORA

(Medida obvia de reducción, manejo y transferencia de materiales)

#### DESCRIPCIÓN

Para evitar el desperdicio actual de materias primas utilizadas para elaborar la solución plastificante se pretende estandarizar una fórmula, la cual permitiría determinar con exactitud cuanta materia prima ha de utilizarse en la operación de plastificación. Para facilitar el cálculo de los componentes se preparará una tabla en donde los operarios podrán buscar en base en el yardaje la cantidad de materia prima que se debe utilizar. La alternativa surge en el grupo de trabajo por el desperdicio de materiales en el proceso de formulación.

#### EVALUACIÓN TÉCNICA

Actualmente se prepara la solución plastificante por fórmulas ya establecidas, en donde las cantidades son redondeadas en base a particularidades de las unidades que se manejan, (por ej.: 4 cubetas de la materia prima X, y 2 bolsas de la materia prima W) esto provoca que siempre reste una cantidad determinada de solución plastificante, que si pasa demasiado tiempo sin ser reutilizada queda inutilizada.

Primero se determinó el porcentaje que le correspondía a cada materia de la masa total de solución plastificante, luego se determinó la masa de solución que se utiliza por yarda de tela, y al multiplicar este valor por el porcentaje respectivo de cada materia prima se obtuvo el índice de consumo de cada materia prima por yarda de tela:

Tabla 4.64 Indices de consumo para materias primas

Materia Prima	Índice de consumo (kg / yrd.)	Índice en unidades utilizadas
#1	0.4007	0.4007 kg/yrd.
#2	0.3047	0.01603 cub/yrd.
#3	0.0680	0.04476 lts/yrd.
#4	0.0064	6.41 grs/yrd.
#5	0.0040	4.38 grs/yrd.

(los índices se determinaron a partir de los resultados del balance de materia)

La última columna muestra el índice en las medidas que se manejan en la empresa para cada materia prima, se piensa utilizar las mismas unidades de medida para hacer más fácil para los operarios el paso al nuevo método. Con estos índices se construye la tabla 4.65, en esta solo se muestra extractos de lo que será la tabla real, ya que esta deberá ser más extensa, en el sentido de exponer las cantidades para un amplio número de yardas, comenzando con 100 yardas hasta llegar a 500 yardas, estos números son los extremos del rango en el cual se manejan las lonas en la empresa.

Tabla 4.65 Extracto de tabla de consulta para determinar la cantidad de insumos

Yardas.	MATERIAS PRIMAS					Total práctico (kg)
	#1 (kg)	#2 (cubetas)	#3 (litros)	#4 (kg)	#5 (kg)	
200	81.8	3.4	2.0	1.3	0.9	161.87
270	110.4	4.5	2.8	1.8	1.2	217.42
320	130.9	5.3	3.3	2.1	1.5	257.51
340	139.0	5.6	3.5	2.2	1.5	272.97
380	155.3	6.2	3.9	2.6	1.7	304.20
450	184.0	7.4	4.6	3.0	2.0	361.69

De esta forma cuando se necesite plastificar cierta cantidad de yardas se podrá buscar en la tabla y obtener la cantidad requerida, y de esta forma llevar al mínimo el desperdicio. Para pesar los kilogramos no existe mayor problema, ya que existen balanzas lo suficientemente precisas, en el caso de la materia prima #2 que se mide en cubetas, estas se equiparán con una regla graduada, que se dividirá en 10 partes para que la precisión sea la adecuada.

Las cantidades han sido redondeadas hacia arriba y aumentadas en un 2%, para asegurarse que exista un pequeño margen de error.

Tabla 4.66 Índices actuales y estimados para la formulación exacta

Índice de consumo actual	Índice estimado para la alternativa	
719 kg de materia prima/Ton. de PT	de 707.72 kg de MP/Ton. DePT	1.57%

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

### REDUCCIÓN EN EL CONSUMO

Se determina que la cantidad de solución plastificadora que se ahorra por cada lote es de 4.518 kg, lo que significa una cifra anual de 451.8 kg de solución

plastificadora. Esta cantidad ya no será procesada y una ventaja más, entre menos cantidad de solución se prepare, menores serán las pérdidas debido al manejo.

### REDUCCIÓN EN LOS DESECHOS

La gerencia de la empresa maneja este proceso como uno en el que no se genera ningún tipo de desecho, pero se encuentran los implementos de limpieza, y los gases emanados por la solución en reposo que son fácilmente detectables, por contener componentes orgánicos volátiles. Se observa que si habría una disminución en los desechos.

### BENEFICIO ECONÓMICO

La reducción en el consumo de 451.8 kg de solución plastificante y los ahorros en US\$ se muestran a continuación:

Tabla 4.67 Beneficio anual al utilizar una formulación exacta

Materia Prima	kg de ahorro anuales	Costo (\$ / kg)	Costo parcial (\$)
#1	230.96	12.27	2,833.87
#2	175.569	1.27	222.2
#3	39.261	0.06	2.31
#4	3.704	3.22	11.95
#5	2.304	11.00	25.34
Beneficio total			3,095.67

### INVERSIÓN INICIAL

La inversión necesaria para poner en marcha esta alternativa es pequeña, los gastos incluyen los materiales necesarios para fabricar la tabla donde los obreros consultarán la fórmula, la graduación de los recipientes donde se miden los líquidos. Todo lo anterior no debería superar los \$ 7.00; el mayor costo provendrá de la capacitación de los obreros, se han estimado para este propósito (teniendo en cuenta que serían 3 los empleados que necesitan capacitación) 35 horas-hombre con un costo de \$ 27.27 (salario mínimo), lo que lleva a una inversión de \$ 34.27.

### PERÍODO DE RETORNO

Lo anterior nos brinda un período de recuperación de apenas 4 días, es decir estamos ante una alternativa totalmente rentable.

## ÍNDICE FINANCIERO

Se deduce que aunque el porcentaje de reducción es pequeño, el período de retorno y el monto del ahorro es suficiente motivación para realizar el cambio.

Tabla 4.68 Índices financiero actual y estimado para la formulación exacta

Índice actual	Índice en el caso de la implementación	Reducción
4.93 \$/Ton. de producto terminado	4.84 \$/Ton. de producto terminado	1.82%

### 4.3.4.2 ELIMINACIÓN DEL PLASTIFICADO INNECESARIO

(Medida obvia de reducción, manejo y transferencia de materiales)

#### DESCRIPCIÓN

Actualmente la lona se empapa de solución plastificante y luego pasa a un horno eléctrico, esto provoca que siempre exista una porción de lona inútil que se empapa de solución mientras la lona de adelante se hornea, se pretende evitar esto mediante un mecanismo que eleve el rodillo que obliga a la lona a bajar a la cuba, de modo que la lona ya no baje y por ende ya no se empape. La alternativa surge en el grupo de trabajo al constatar la pérdida de materiales de costo elevado en la tela guía, que no tiene valor de venta.

#### EVALUACIÓN TÉCNICA

Figura 4.19 sección lateral rediseño cuba

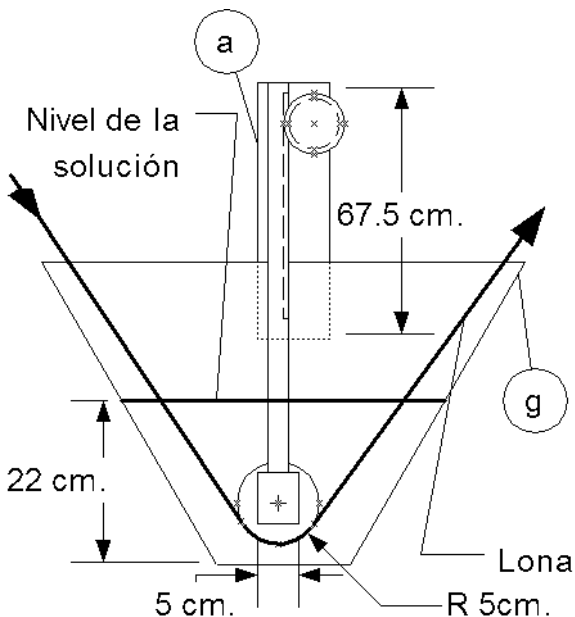


Figura 4.20 detalle de rueda dentada

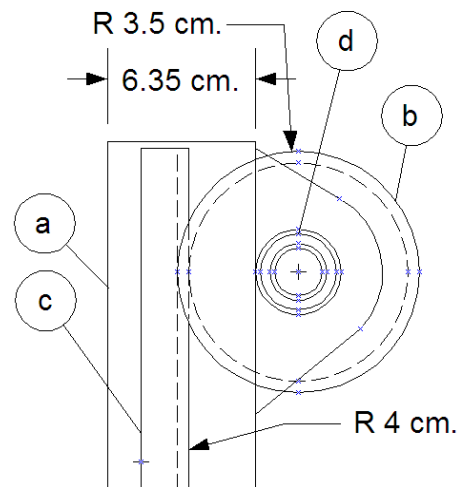


Tabla 4.69 Partes principales de cuba rediseñada

Parte	Nombre	Parte	Nombre
a	Soporte	g	Cuba
b	Rueda Dentada	h	Unión superior guía-cuba
c	Cremallera	i	Unión inferior guía-cuba
d	Cojinetes	j	Volante
e	Guía inferior	k	Eje volante-rueda dentada
f	Guía superior	l	Guía móvil arriba-abajo
		m	Guía fija arriba-abajo

En la figura 4.19 se muestra como el rodillo se fija al cilindro que se convierte en una cremallera en la parte superior, de esta forma se podrá subir el cilindro moviendo el volante

en el sentido de las agujas del reloj, La rueda dentada se ha diseñado con un diámetro exterior de 7cm y 33 dientes, con una altura de 4.5 mm. La cremallera tiene un largo de 26.5 cm. la altura de los dientes es la misma que la de los de la rueda dentada, con un paso de 6.28 mm.

Para que el movimiento hacia arriba del cilindro sea uniforme a cada lado se colocan dos guías, la inferior unida a cuba y la superior unida al soporte, el cual a su vez esta unido a la cuba, esto se puede ver en la figura 4.20. Para girar la rueda dentada que le proporcionará moviendo al cilindro, se dispone de un volante, este tiene dos posiciones fijas, estando el cilindro abajo, en su posición normal y estando

Figura 4.21 Detalle guías p/cremallera

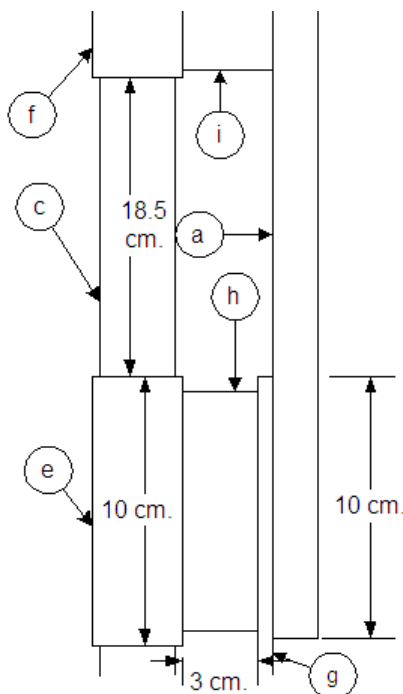
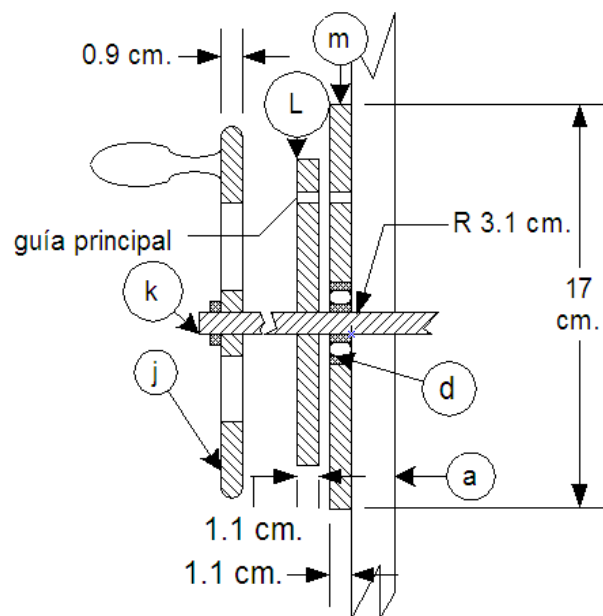
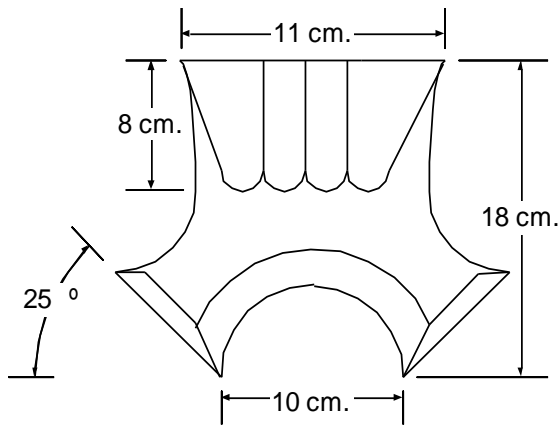


Figura 4.22 Corte transversal sección volante-guías arriba-abajo



el cilindro arriba, estas dos posiciones se mantienen por medio de un pasador que evitara que la guía móvil arriba-abajo (la cual gira junto con el eje) ruede, lo mismo sucede con la posición arriba, en la figura 4.22 solamente se observa los orificios de la guía para la posición abajo, los de la posición arriba están 10° a la derecha, ya que según los cálculos se recorren 370° para subir el cilindro. Una vez el conforme el cilindro suba, arrastra consigo la parte de la solución que se encuentra por sobre este, para sacar esta por los extremos se dispone de una espátula como la mostrada en la figura 4.23; posee un diseño anatómico para adaptarse a los dedos de los operarios y para deslizarse sin problemas a largo del cilindro. El índice de consumo actual es de 719 kg de materia prima/Ton. de producto terminado, luego de implementar la alternativa sería de 707.72 kg de materia prima/Ton. de producto terminado, una reducción del 1.57%



según los cálculos se recorren 370° para subir el cilindro. Una vez el conforme el cilindro suba, arrastra consigo la parte de la solución que se encuentra por sobre este, para sacar esta por los extremos se dispone de una espátula como la mostrada en la figura 4.23; posee un diseño anatómico para adaptarse a los dedos de los operarios y para deslizarse sin problemas a largo del cilindro. El índice de consumo actual es de 719 kg de materia

prima/Ton. de producto terminado, luego de implementar la alternativa sería de 707.72 kg de materia prima/Ton. de producto terminado, una reducción del 1.57%

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL REDUCCIÓN EN CONSUMO Y DESECHO

La reducción en el desecho de materia en este caso es igual a la reducción del consumo, ya que como se utilizaría menos solución se prepararía una menor cantidad de esta; y el desecho actual es la solución que permanece adherida a la lona inútil, de la cual se hablo en la sección anterior. La longitud de la lona que pasa en la cuba es de 4 m. y multiplicando este por el factor de kg de solución sobre m (0.8573) de lona se obtiene que por cada lote se desperdician 3.42 kg de solución, lo que equivale a 342.92 kg de solución anuales.

## EVALUACIÓN DEL BENEFICIO ECONÓMICO

Siguiendo datos de la fórmula dada por la empresa y teniendo en cuenta que son 342.92 kg al año de ahorro tenemos:

Tabla 4.70 Costos de los ahorros eliminando el plastificado innecesario

Materia Prima	Cantidad ahorrada (kg)	Costo (\$/kg)	Monto (\$)
#1	175.3	12.27	2,150.93
#2	133.25	1.27	169.22
#3	29.8	0.06	1.78
#4	2.81	3.22	9.04
#5	1.75	11.00	19.25
		Costo Total	2,350.22

### INVERSIÓN INICIAL

A continuación se detallan los costos para la implementación de la alternativa:

Tabla 4.71 inversión en el montaje de la alternativa

Partida	Descripción (incluye costo de material)	Monto (\$)
Soporte (2)	Corte a medida	4.5
Cremallera (2)	Corte de material y construcción	61.2
Rueda dentada (2)	Corte de material y construcción	26.46
Eje volante-rueda dentada	Corte de material y construcción	77.55
Volante	Corte de material y construcción	8.49
Guía inferior y superior	Corte a medida	1.64
Uniones guía-cuba	Corte a medida	0.15
Guías arriba-abajo	Corte a medida	0.2
Mano de obra	Montaje	31.16
Unión de componentes	Materiales y energía	4.0
Monto total		215.35

### PERÍODO DE RETORNO

De acuerdo a los datos anteriores el período de retorno es de 1 mes.

### ÍNDICES FINANCIEROS

El índice actual es de 4,923.5 \$/Ton. Prod. terminado, con la implementación sería de 4,859 \$/Ton. Prod. Terminado. Se concluye que la alternativa es rentable, y aceptable; el pequeño porcentaje de reducción se acepta porque anualmente representa una cantidad considerable.

Tabla 4.72 Índices financiero actual y estimado para la eliminación del plastificado innecesario

Índice actual	Índice en el caso de la implementación	Reducción
4,923.5 \$ / Ton. de producto terminado	4,859 \$ / Ton. de producto terminado	1.31%.

#### 4.3.5 TEÑIDO DE HILOS

##### 4.3.5.1 UTILIZACION DE UN DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA (Utilización de procedimientos)

###### A. DESCRIPCION

Utilizar un diagrama hombre máquina para redistribuir el tiempo de teñido, equilibrando las actividades del operario para cada máquina, según la escala de tiempos común para mostrar la correlación entre ellas. El diagrama expone las operaciones ejecutadas simultáneamente por un operario y por una o varias máquinas. Estas actividades son utilizadas para aprovechar mejor el tiempo tanto de los operarios como de la maquinaria, especialmente cuando un operario debe atender dos o más máquinas. Disminuyendo así el tiempo improductivo de las máquinas. Para la alternativa desarrollada se tomó como base el libro de la OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, “Introducción al Estudio del Trabajo”.

###### B. EVALUACION TÉCNICA

Actualmente el operario encargado de teñido de hilos se encarga de monitorear dos máquinas al mismo tiempo, al colocar el colorante y los químicos auxiliares en una máquina descuida el otro proceso e incurre en consumos extras de agua y vapor debido a que la autoclave rebalsa y para mantener la temperatura en el otro proceso mientras se encuentra con la otra máquina, solo abre la válvula de vapor cuando la temperatura comienza a bajar. Con el diagrama de operaciones simultáneas el operario se encontrará capacitado de realizar los dos teñidos, el segundo teñido deberá comenzar 40 minutos después del primero para que el operario tenga tiempo suficiente para elaborar el colorante y los químicos auxiliares antes de comenzar el proceso, así como también el operario deberá pesar y disolver los colorantes y químicos auxiliares antes de inicializar el proceso, así no perderá tiempo ni descuidará el proceso una vez comenzado.

En el siguiente cuadro, se representan los minutos transcurridos para la realización de cada etapa del teñido de hilos, el coloreado negro indica los minutos que el operario toma en realizar cada fase. El extremo izquierdo representa el teñido en la primera máquina, a la izquierda de la tabla se indica el teñido de la máquina 2.

### DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES

Operación: Teñido de hilos

Producto: Hilo de algodón

Máquina : Autoclave

Máquinas trabajando: 2

Operarios: 1

Tiempo (min.)	Máquina 1	Máquina 2	Tiempo (min.)
0,2	Cargó máquina		0,2
0,4	Llenado tanque		0,4
0,6	Llenado máquina		0,6
0,8	Marcha(Int.-Ext.)		0,8
1,0	Llenado tanque		1,0
1,2	Llenado máquina		1,2
1,4	Adición químico A		1,4
1,6			1,6
1,8	Marcha(Ext.-Int.)		1,8
2,0			2,0
2,2	Marcha(Int.-Ext.)		2,2
2,4			2,4
2,6	Adición químico B		2,6
2,8			2,8
3,0	Marcha(Ext.-Int.)		3,0
3,2			3,2
3,4	Adición colorante		3,4
3,6	Marcha(Int.-Ext.)		3,6
3,8	Adición colorante		3,8
4,0	Marcha(Ext.-Int.)		4,0
4,2		Cargó máquina	4,2
4,4	Marcha(Int.-Ext.)	Llenado tanque	4,4
4,6		Llenado máquina	4,6
4,8	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	4,8
5,0		Llenado tanque	5,0
5,2	Marcha(Int.-Ext.)	Llenado máquina	5,2
5,4	Adición químico C	Adición químico A	5,4
5,6	Marcha(Ext.-Int.)		5,6
5,8	Adición químico C	Marcha(Ext.-Int.)	5,8
6,0	Marcha(Int.-Ext.)		6,0
6,2	Adición de vapor	Marcha(Int.-Ext.)	6,2
6,4	Adición químico D		6,4
6,6	Marcha(Ext.-Int.)	Adición químico B	6,6
6,8	Adición químico D		6,8
7,0	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	7,0
7,2			7,2

Tiempo (min.)	Máquina 1	Máquina 2	Tiempo (min.)
7,4	Marcha(Ext.-Int.)	Adición colorante	7,4
7,6		Marcha(Int.-Ext.)	7,6
7,8	Marcha(Int.-Ext.)	Adición colorante	7,8
8,0		Marcha(Ext.-Int.)	8,0
8,2	Marcha(Ext.-Int.)		8,2
8,4		Marcha(Int.-Ext.)	8,4
8,6	Marcha(Int.-Ext.)		8,6
8,8		Marcha(Ext.-Int.)	8,8
9,0	Marcha(Ext.-Int.)		9,0
9,2	Llenado de tanque	Marcha(Int.-Ext.)	9,2
9,4	Marcha(Int.-Ext.)	Adición químico C	9,4
9,6		Marcha(Ext.-Int.)	9,6
9,8	Llenado de tanque	Adición químico C	9,8
10,0	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	10,0
10,2		Adición de vapor	10,2
10,4	Adición de vapor	Adición químico D	10,4
10,6	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	10,6
10,8		Adición químico D	10,8
11,0	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	11,0
11,2			11,2
11,4	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	11,4
11,6			11,6
11,8	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	11,8
12,0			12,0
12,2	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	12,2
12,4			12,4
12,6	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	12,6
12,8			12,8
13,0	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	13,0
13,2		Llenado de tanque	13,2
13,4	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	13,4
13,6			13,6
13,8	Marcha(Int.-Ext.)	Llenado de tanque	13,8
14,0		Marcha(Ext.-Int.)	14,0
14,2	Marcha(Ext.-Int.)		14,2
14,4		Adición de vapor	14,4
14,6	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Int.-Ext.)	14,6
14,8			14,8
15,0	Llenado de tanque	Marcha(Ext.-Int.)	15,0
15,2	Abrió desagües		15,2
15,4	Llenado de máquina	Marcha(Int.-Ext.)	15,4
15,6	Llenado de tanque		15,6
15,8	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Ext.-Int.)	15,8
16,0			16,0

Tiempo (min.)	Máquina 1	Máquina 2	Tiempo (min.)
16,2	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Int.-Ext.)	16,2
16,4			16,4
16,6	Llenado de tanque	Marcha(Ext.-Int.)	16,6
16,8	Llenado de tanque		16,8
17,0	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	17,0
17,2			17,2
17,4	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	17,4
17,6			17,6
17,8	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	17,8
18,0			18,0
18,2	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	18,2
18,4			18,4
18,6	Llenado de tanque	Marcha(Int.-Ext.)	18,6
18,8	Marcha(Ext.-Int.)		18,8
19,0		Llenado de tanque	19,0
19,2	Marcha(Int.-Ext.)	Abrió desagues	19,2
19,4		Llenado de máquina	19,4
19,6	Marcha(Ext.-Int.)	Llenado de tanque	19,6
19,8	Cerró desagues	Marcha(Ext.-Int.)	19,8
20,0	Marcha(Int.-Ext.)		20,0
20,2		Marcha(Int.-Ext.)	20,2
20,4	Marcha(Ext.-Int.)		20,4
20,6		Llenado de tanque	20,6
20,8	Abrió desagues	Llenado de tanque	20,8
21,0	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	21,0
21,2			21,2
21,4	Llenado de máquina	Marcha(Int.-Ext.)	21,4
21,6	Cerró desagues		21,6
21,8	Llenado de tanque	Marcha(Ext.-Int.)	21,8
22,0	Adición de vapor		22,0
22,2	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	22,2
22,4	Adición químico E		22,4
22,6	Marcha(Int.-Ext.)	Llenado de tanque	22,6
22,8	Adición químico E	Marcha(Ext.-Int.)	22,8
23,0	Marcha(Ext.-Int.)		23,0
23,2		Marcha(Int.-Ext.)	23,2
23,4	Marcha(Int.-Ext.)		23,4
23,6		Marcha(Ext.-Int.)	23,6
23,8	Marcha(Ext.-Int.)	Cerró desagues	23,8
24,0		Marcha(Int.-Ext.)	24,0
24,2	Marcha(Int.-Ext.)		24,2
24,4		Marcha(Ext.-Int.)	24,4
24,6	Marcha(Ext.-Int.)		24,6

Tiempo (min.)	Máquina 1	Máquina 2	Tiempo (min.)
24,8		Abrió desagues	24,8
25,0	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Int.-Ext.)	25,0
25,2	Adición de vapor		25,2
25,4	Marcha(Ext.-Int.)	Llenado de máquina	25,4
25,6		Cerró desagues	25,6
25,8	Marcha(Int.-Ext.)	Llenado de tanque	25,8
26,0		Adición de vapor	26,0
26,2	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Ext.-Int.)	26,2
26,4	Abrió desagues	Adición químico E	26,4
26,6	Cerró desagues	Marcha(Int.-Ext.)	26,6
26,8	Llenado de tanque	Adición químico E	26,8
27,0	Llenado de máquina	Marcha(Ext.-Int.)	27,0
27,2	Marcha(Int.-Ext.)		27,2
27,4	Adición de vapor	Marcha(Int.-Ext.)	27,4
27,6	Marcha(Ext.-Int.)		27,6
27,8		Marcha(Ext.-Int.)	27,8
28,0	Marcha(Int.-Ext.)		28,0
28,0		Marcha(Int.-Ext.)	28,0
28,2	Marcha(Ext.-Int.)		28,2
28,4		Marcha(Ext.-Int.)	28,4
28,6	Marcha(Int.-Ext.)		28,6
28,8		Marcha(Int.-Ext.)	28,8
29,0	Marcha(Ext.-Int.)	Adición de vapor	29,0
29,2		Marcha(Ext.-Int.)	29,2
29,4	Marcha(Int.-Ext.)		29,4
29,6		Marcha(Int.-Ext.)	29,6
29,8	Marcha(Ext.-Int.)		29,8
30,0		Marcha(Ext.-Int.)	30,0
30,2	Marcha(Int.-Ext.)	Abrió desagues	30,2
30,4		Cerró desagues	30,4
30,6	Marcha(Ext.-Int.)	Llenado de tanque	30,6
30,8		Llenado de máquina	30,8
31,0	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Int.-Ext.)	31,0
31,2	Paro de máquina	Adición de vapor	31,2
31,4	Abrió desagues	Marcha(Ext.-Int.)	31,4
31,6	Llenado de máquina		31,6
31,8	Llenado de tanque	Marcha(Int.-Ext.)	31,8
32,0	Llenado de máquina		32,0
32,2	Cerró desagues	Marcha(Ext.-Int.)	32,2
32,4	Adición químico F		32,4
32,6	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	32,6
32,8			32,8
33,0	Marcha(Int.-Ext.)	Marcha(Ext.-Int.)	33,0
33,2			33,2

Tiempo (min.)	Máquina 1	Máquina 2	Tiempo (min.)
33,4	Marcha(Ext.-Int.)	Marcha(Int.-Ext.)	33,4
33,6			33,6
33,8	Paro de máquina	Marcha(Ext.-Int.)	33,8
34,0	Desague final		34,0
34,2		Marcha(Int.-Ext.)	34,2
34,4	Descarga		34,4
34,6		Marcha(Ext.-Int.)	34,6
34,8			34,8
35,0		Marcha(Int.-Ext.)	35,0
35,2		Paro de máquina	35,2
35,4		Abrió desagues	35,4
35,6		Llenado de máquina	35,6
35,8		Llenado de tanque	35,8
36,0		Llenado de máquina	36,0
36,2		Cerró desagues	36,2
36,4		Adición químico F	36,4
36,6		Marcha(Ext.-Int.)	36,6
36,8			36,8
37,0		Marcha(Int.-Ext.)	37,0
37,2			37,2
37,4		Marcha(Ext.-Int.)	37,4
37,6			37,6
37,8		Paro de máquina	37,8
38,0		Desague final	38,0
38,2			38,2
38,4		Descarga	38,4

### C. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO

#### BENEFICIO ECONOMICO

La pérdida incide en una disminución del consumo tanto de agua como de vapor, debido a que el operario encargado de realizar el proceso no tiene un adecuado procedimiento para realizar dos teñidos al mismo tiempo.

#### 4.3.6 PÉRDIDAS DE CALOR

##### 4.3.6.1 AISLAMIENTO DE TUBERIAS DESCUBIERTAS (Cambios tecnológicos)

###### A. DESCRIPCION

Utilizar fibra cerámica aislante para tuberías descubiertas, así se podrá minimizar el calor perdido. Para la alternativa se tomó en consideración pautas o guías dadas por el asesor, el libro de RESNICK-HALLIDAY, Física, Volumen I, e información proporcionada en OXGASA, acerca del material apropiado a utilizar.

###### B. EVALUACION TÉCNICA

Se hace referencia a la evaluación técnica de aislamiento de tuberías por pérdidas de calor de la empresa 1.

Actualmente se pierden 56,941.99 kJ/h de calor por tuberías descubiertas, y tomando en consideración que se trabajan 1,600 horas al año, representa una pérdida anual de 91,107,184 kJ.

Utilizando el aislante de fibra cerámica en las tuberías no aisladas, se pierde 13,891.46 kJ/h, lo que constituye 22,226,336 kJ al año, por lo que la pérdida de calor se reduce en 68,880,848 kJ anualmente.

###### C. EVALUACIÓN DEL BENEFICIO AMBIENTAL

###### REDUCCIÓN EN EL CONSUMO

Utilizando la ecuación de calor  $Q = m\Delta h$ , se obtiene que el vapor perdido actualmente es de 1,061.91 kg por hora, es decir 1,699,063.51 kg de vapor al año.

Con la fibra cerámica aislante la pérdida de vapor se reduce a 259.06 kg/h, lo que representa 414,500.31 kg de vapor al año. Minimizando la pérdida en 1,284,563.2 kg al año.

###### REDUCCION EN LOS DESECHOS

La reducción en el consumo de vapor anual, permite eliminar la cantidad de petróleo desperdiciada y así mismo el combustible, la quema del combustible incurre emisiones de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. La masa del combustible recurre en la obtención de la masa de los contaminantes que no se emitirán. El aislamiento de las tuberías

ahorra 24,855.95 galones de petróleo que equivalen a 97 toneladas de combustible al año, la combustión de esta masa de bunker N° 6 deja de generar las siguientes emisiones anualmente:

Tabla 4.73 Índices de descarga para el aislamiento de tuberías

	ACTUAL (TON)	ALTERNATIVA (TON)	DIFERENCIA DE REDUCCION (TON)
CO <sub>2</sub>	406.86	99.26	307.6
N <sub>2</sub>	1,333.99	325.44	1,008.55
SO <sub>2</sub>	5.75	1.4	4.35
<u>H<sub>2</sub>O</u>	<u>117.4</u>	<u>28.64</u>	<u>88.76</u>

#### INDICES AMBIENTALES

Dentro de los índices ambientales, se encuentra la disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> , N<sub>2</sub> , SO<sub>2</sub> . El índice ambiental esta representado como tonelada de emisión por tonelada de producto terminado en la siguiente tabla:

Tabla 4.74 Descarga anual para el aislamiento de tuberías

	ACTUAL	ALTERNATIVA	REDUCCION
Ton CO <sub>2</sub> / Ton producto terminado	1.01	0.24	0.77
Ton N <sub>2</sub> / Ton producto terminado	3.33	0.81	2.52
<u>Ton SO<sub>2</sub> / Ton producto terminado</u>	<u>0.01</u>	<u>0.004</u>	<u>0.006</u>

#### D. EVALUACION DEL BENEFICIO ECONOMICO

##### BENEFICIO ECONOMICO

Tomando en consideración que el vapor tiene un costo de \$14.4/Ton y la cantidad de vapor desperdiciado por pérdidas de calor en kg al año, se obtiene que el costo del calor perdido actualmente es de \$24,466.51 al año, con el aislamiento la pérdida se reduce a \$5,968.8 al año. Por lo que se obtiene un beneficio anual de \$18,497.71 al año.

##### INVERSION INICIAL

Cada pieza de fibra aislante tiene un valor de \$160.78, tomando en consideración el diámetro y longitud de cada tubería descubierta, se requieren 55 piezas para recubrir dichas tuberías. La inversión total es de \$8,842.90.

## COSTOS OPERATIVOS ANUALES

Los costos operativos anuales no son representativos, debido a que después de la instalación del aislante no se requiere de ningún tipo de mantenimiento.

## PERÍODO DE RECUPERACIÓN

Con la inversión de \$8,842.90 y el beneficio anual de \$18,497.71, se obtiene que la inversión queda saldada en cinco meses con 23 días, a partir de esta fecha lo que se deja de perder de vapor es un beneficio para la empresa.

## INDICE FINANCIERO

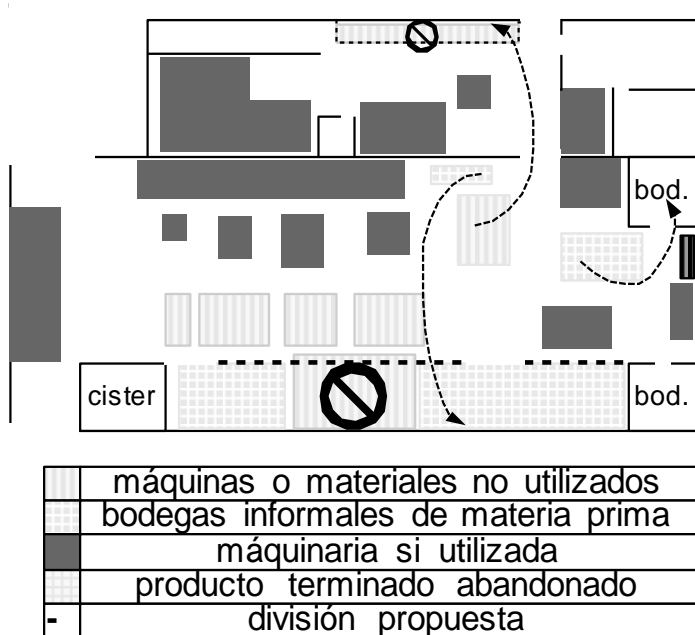
La relación del consumo de vapor por tonelada de producto terminado, es de 61.16 \$/Ton de producto terminado, con la alternativa del aislamiento el índice sería de 14.92 \$/Ton de producto terminado, percibiendo una diferencia de 46.24 \$/ Ton de producto terminado en el índice.

### 4.3.7 ALMACENAJE, SEGURIDAD, SALUD Y MANEJO DE MATERIALES

A partir de los datos que se obtuvieron y analizaron en la sección 3.3.3 se proponen ciertas modificaciones en condiciones que tienen un valor económico no tan visible como las alternativas anteriores, pero que a largo plazo sí traerá beneficios. A continuación se listan esas modificaciones.

- En la figura 4.25 se puede observar como se pretende reordenar al mínimo costo, se desecha la máquina no utilizada marcada con Ø, hay varias máquinas que no se utilizan pero no se pretende tampoco que se eliminen todas, se necesita además limpiar las bodegas de materiales inservibles, esto junto con levantar el muro propuesto que uniría las dos áreas utilizadas como bodega; permitirá colocar dentro de las bodegas los materiales que se indican. Los productos terminados obsoletos se pueden trasladar al área señalada una vez se haya eliminado el material marcado Ø.

Figura 4.25 Modificaciones en área de trabajo



- Dentro de las bodegas además de eliminar los materiales inservibles, se deben ordenar los aún utilizables, colocando cerca de la entrada los mas frecuentemente usados.
- Los contenedores deben permanecer cerrados y todos debidamente etiquetados, algo de lo que se carece en la actualidad.

- Las canaletas para las aguas residuales deben de estar cubiertas, para evitar que alguien pueda de alguna manera caer en ellas, esta modificación puede realizarse de forma rápida y a un bajo costo cubriendo las canaletas con tapas metálicas.
- El piso que actualmente es irregular y presenta obstáculos (como válvulas a través de los pasillos) debe de corregirse, pasando por alto las tuberías. Para acabar el piso se recomienda utilizar el producto Filler Sikadur 505 [Sika], el cual proporciona las propiedades de aspereza deseadas.
- Las bodegas no cuentan con extractores de aire, necesarios debido a que los polvos de los colorantes además de ser nocivos para la salud son explosivos, si no existen paredes colindantes con áreas abiertas, los extractores deben ir directamente hacia el techo.

Todas las anteriores recomendaciones buscan evitar accidentes donde existan pérdidas tanto humanas como materiales, así como la recurrencia de enfermedades profesionales que generan ausencias y en consecuencia pérdidas en la producción.

## CAPÍTULO V MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN

### 5.1 PRÓLOGO

A continuación se presenta el resultado final del documento anteriormente expuesto, el manual de aplicación. Este se ideó desde un principio como un documento independiente del resto del trabajo de graduación, es así como las páginas del manual se presentan con una numeración diferente a la del resto del documento, conteniendo su propia carátula, índice, introducción, conclusiones, recomendaciones y bibliografía. También se presenta a doble columna y con diferente fuente de letra.

Lo que se busca es que el documento posea un formato característico de las publicaciones que en este mismo sentido se realizan en los medios (revistas, manuales, etc.) tanto nacionales como internacionales (se mencionan a manera de ejemplo los manuales de la EPA, y el elaborado por el CNPML-ONUDI, siempre en el área de textiles), desarrollando de esta forma una función didáctica dando a conocer los hallazgos efectuados durante la realización del proyecto. Uno de estos hallazgos es el poco conocimiento que se tiene acerca de la Producción Más Limpia (PML), y una forma de solucionar este hecho es el difundir las ideas y los potenciales beneficios que trae la implementación de PML, para de esta manera generar conciencia acerca de la necesidad y beneficios que suponen para las empresas industriales contar con una política de gestión ambiental.



# **MANUAL DE APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LOS PROCESOS DE ACABADO DEL SECTOR TEXTIL EN EL SALVADOR**

**AUTORES:  
AGUILAR, MARCOS  
ESTRADA, MARÍA  
FABIAN, ALBERTO**

**ASESORADO POR:  
INGA. YOLANDA SALAZAR**

**SEPTIEMBRE 2003**



## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
1. Introducción. ....	M-4
2. La Industria Textil en El Salvador. ....	M-5
3. Procesos de acabado en la industria textil . ....	M-6
4. ¿Qué es Producción Más Limpia?. ....	M-9
4.1 Implementación de Producción Más Limpia. ....	M-9
5. Índices de ecoeficiencia. ....	M-14
6. Alternativas de Producción Más Limpia en los procesos de acabado del sector textil . ....	M-17
Conclusiones. ....	M-33
Recomendaciones. ....	M-33
Glosario. ....	M-33
Bibliografía. ....	M-35

## 1. INTRODUCCIÓN

La Producción Más Limpia (PML) en las industrias, trae consigo una gama de soluciones integrales para el país; como el mejoramiento de las condiciones del trabajador, el estado del Medio Ambiente en general y la salud de las comunidades que se relacionan directa o indirectamente con la fábrica.

El sector textil húmedo muestra excelentes oportunidades de aplicación, tanto por su potencial de mejora, como por su importancia en la industria nacional. En este sentido, el proceso de teñido supone riesgos a la salud de los trabajadores; ahí se producen emanaciones de sustancias químicas, como ácido acético, amoníaco, sulfato de sodio, que son irritantes de la piel y las mucosas. [F. Natura, 1991].

Este manual pretende ofrecer métodos y alternativas viables para la realidad de los procesos nacionales del sector de acabado de textiles, que permitan minimizar las pérdidas de materia prima, agua y energía. Además de posibilitar la disminución de gastos en la construcción, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento.

Para la realización del manual se ha seguido la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), que incluye la realización de análisis preliminares, balances de materia y evaluación en.

La información recopilada se basa en la experiencia tenida en dos empresas del sector nacional, una dedicada casi exclusivamente a la elaboración de tejidos planos de poliéster-rayón y la otra dedicada a los productos especiales de lona (algodón).

La premisa inicial para la mejora de los procesos es que para poder optimizarlos, se deben conocer de forma específica, para que la solución

sea una respuesta a las condiciones de cada una y no de la forma contraria. De esta forma, el contenido del manual está estructurado a partir de cuatro apartados que ayudan a conocer y controlar los procesos de acabado en cada empresa:

**Industria Textil:** Incluye una descripción de las condiciones de la industria textil nacional y una explicación de los procesos húmedos más característicos.

**Producción Más Limpia:** Define los conceptos básicos y los pasos a seguir para poder implantarla, adaptada a los procesos textiles húmedos.

**Índices de eco-eficiencia:** Es la representación del sistema de control que debe tener la empresa para asegurarse de la mejora continua de los procesos, a partir de sistemas de referencia establecidos, que incluyen el consumo, económico y ambiental.

**Alternativas de mejora:** Son las propuestas definidas para cada proceso e incluye la evaluación técnica, beneficios potenciales, inversión necesaria y tiempo de recuperación de capital.

Un punto importante a destacar es que aunque se hizo un estudio completo de factibilidad, por motivos de tiempo las alternativas no pudieron implementarse en las empresas.

*La PML comienza con un estudio completo de cada proceso, para conocer todos los aspectos que la afectan y corregir o mejorar los que no sean eficientes*

## 2. La Industria Textil en El Salvador

La industria textil en El Salvador inició a finales del siglo XIX y fue evolucionando lentamente a lo largo de todo el siglo XX, siendo marcada por aspectos importantes, como la creación de la Cooperativa Algodonera en 1942, que controlaba la totalidad de la producción nacional. La situación política del país a partir de 1979 llevo a la intervención del Estado y al cierre de muchas empresas. La restauración de la paz y la dedicación del gobierno por impulsar la industria, ha beneficiado a la maquila, por encima de las textileras.

Entre las principales características de la pequeña, mediana y gran industria textil de El Salvador se pueden mencionar: Se dedica a la manufactura de una amplia gama de productos, entre los mas importantes se pueden mencionar el hilo para coser, los tejidos plano y de punto, la toalla, etc. Entre las principales materias primas se pueden mencionar el poliéster, algodón, nylon, y otras fibras artificiales y sintéticas. La gran mayoría (cerca del 80%) exportan sus productos, los principales destinos de estos son C.A. y E.E.U.U. aunque también se exporta hacia Europa y Sudamérica.

El vapor es utilizado por toda la industria para proporcionar calor a los procesos productivos que así lo requieren, la mayoría utiliza el petróleo como fuente de energía para generar vapor, otros combustibles utilizados con el diesel, el gas butano y propano. El manejo de materiales se realiza en su mayor parte de manera manual o semiautomática tanto en las bodegas de materia prima como dentro de la planta.

En lo que a mantenimiento respecta casi la mitad de la industria posee un sistema de mantenimiento correctivo-preventivo, y no existe ni un solo caso de mantenimiento preventivo. Un 60% de la industria posee algún tipo de

tratamiento para sus desechos, aunque se puede afirmar que no existe una cultura de políticas ambientales en la industria.

Los subprocesos encontrados en la industria son muy variados, lo cual corresponde a la extensa variedad de productos y materias primas de las cuales se habló anteriormente. Entre las características más destacadas se puede mencionar: el engomado y desengomado son llevados a cabo en un poco más de la mitad de la industria (60%), el descruce es practicado casi por la totalidad de las empresas (90%), el peroxido de sodio es el principal agente blanqueador utilizado, el teñido se realiza en su mayor parte de forma discontinua; para este subproceso el método más aplicado es el de material en reposo y baño en movimiento, Los colorantes dispersos, reactivos y directos son los grupos más utilizados. Otros subprocesos importantes son: plastificado, resinado, compactado, termofijado, Suavizado, igualado y otros destinados a brindarle al género ciertas características de acuerdo a la calidad buscada.

Como puede observarse, en la actualidad el sector textil se encuentra altamente especializado, debido a los diferentes productos elaborados y a las materias primas necesarias para elaborar estos productos, de ahí la gran cantidad de subprocesos existentes, también se puede dilucidar que aun tiene la posibilidad de seguir tecnificándose según el estado actual del mantenimiento, y la automatización de las operaciones. Lo que se busca es lograr que la industria nacional alcance un grado alto de competitividad.

Esto último es ciertamente necesario teniendo en consideración los tratados de libre comercio que se negocian en este momento, y los que sin lugar a dudas vendrán en un futuro cercano.

*El índice optimo en consumo de agua para la operación de desengomado debería de encontrarse entre el intervalo 2.5 – 20 m<sup>3</sup> de agua / Ton de producto desengomado [EPA 1996]*

### 3. PROCESOS DE ACABADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL

Se les denomina procesos de acabado a los que incluyen las operaciones de lavado, teñido y el acabado funcional de la tela.

#### DESENGOMADO

En esta operación, previa al teñido, se remueve el agente encolado empleado para los tejidos planos. El desengomado puede ser ácido o enzimático. Para ello puedan utilizarse enzimas ácidas, detergentes alcalinos y jabones disueltos en agua, para posteriormente enjuagar la tela.

#### MERCERIZADO

Este proceso permite incrementar la resistencia tensil, lustre y la afinidad de los colorantes sobre la fibra de algodón y fibras sintéticas celulósicas.

Consiste en impregnar la tela o el hilado con una solución fría de hidróxido de sodio. Este procedimiento se realiza manteniendo estirado el hilado o tejido. En algunos casos se elimina posteriormente el

álcali con ayuda de algún ácido débil y se enjuaga con agua y vapor, provocándose la consecuente descarga. En otros, el exceso de soda en la tela o el hilado es aprovechado para el siguiente paso de descrude.

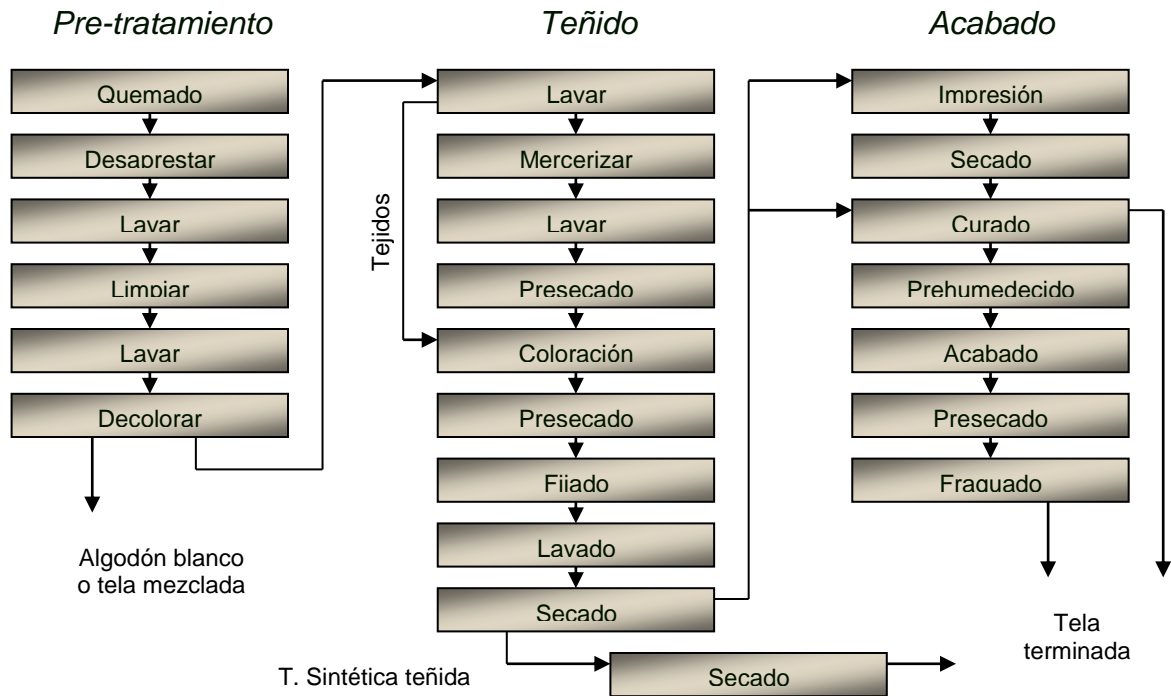
#### DESCRUDE

Remueve impurezas naturales, adheridas a las fibras y a la tela para acondicionarlas para las posteriores etapas de blanqueo o tintura. En este proceso se emplean soluciones alcalinas y detergentes en caliente. En muchos casos puede practicarse el descrude y el blanqueo en conjunto.

#### BLANQUEO

Remueve la materia coloreada. Se utiliza sobre el algodón y algunas fibras sintéticas después o en forma simultánea con el descrude y antes del teñido o estampado. El material textil se trata con una solución diluida de los agentes blanqueadores y tensoactivos. Después del blanqueo, la tela se enjuaga con agua y luego se trata con sustancias reductoras que eliminan el exceso de oxidante.

*En su mayoría, los elementos utilizados para el pre-tratamiento constan de jabones u otros elementos limpiadores*



**Figura 1.** Procesos de trabajo en el acabado de textiles  
Fuente: [FREEMAN, 1998]

Los agentes de blanqueo más empleados en tejidos de algodón son:

- Hipoclorito de sodio
- Peróxido de hidrógeno en caliente
- Hipoclorito de calcio

### TEÑIDO

Involucra una gran variedad de colorantes y agentes auxiliares de teñido. La calidad de la tintura depende del equipamiento empleado, la fórmula específica, los tintes y auxiliares de tintes que proveen el medio químico para su difusión y fijación en la fibra. La tintura puede realizarse en procesos discontinuos o de agotamiento y en procesos continuos o de impregnación.

Los procesos discontinuos de agotamiento se caracterizan porque el material textil está un tiempo más o menos largo en contacto con el baño de teñido.

### Tipos de procesos de teñido

#### *Material-movimiento y baño- reposo*

Equipo: Barca de torniquete

Características:

Se emplea para el teñido de tejidos de punto, felpas, alfombras y tejidos planos. La relación de baño entre los kilogramos de colorante por volumen de agua varía de 1:30 hasta 1:15

#### *Material-movimiento y baño- reposo*

Equipo: Jigger

Característica:

Se trabaja solamente tejidos planos. Mayor velocidad de circulación de materia textil en forma de cuerda. Relación de baño promedio es 1 de colorantes a 15 de agua; existe ahorro de productos auxiliares, agua y energía.

#### *Material-reposo y baño-movimiento*

Equipo: Autoclave

Características:

Este proceso se utiliza para el teñido de hilados, ya sea en forma de madeja, conos, bobinas, tejidos de punto sintéticos y tejido plano.

#### *Material y baño en movimiento*

Equipo: Jet y overflow

Características:

Con este método se ha conseguido el aumento de la producción teñido, mejorando la uniformidad y el aspecto final de las telas. Las máquinas trabajan a altas temperaturas y permite teñir a velocidades de circulación muy elevadas. La relación del baño promedio es de 1:10 y se emplea tanto para tejidos planos como de punto.

**Tabla 1. Tipos de agentes de teñido**

Tipo	Compuesto	Características
Directos	Compuestos neutros afines a la celulosa	Debido a su alta solubilidad es necesario utilizar sales (cloruros o sulfatos) para obtener un agotamiento óptimo.
Tinas	Insolubles en agua	Utilizan agentes reductores fuertes, tales como el hidrosulfito en medio alcalino, posteriormente se oxidan con perboratos o peróxidos.
Sulfurosos	Contienen compuestos de azufre en su estructura	Se aplica en la fibra en estado reducido disueltos en sulfuro de sodio para luego oxidarse, produciendo la coloración esperada
Azoicoa	Basados en el Beta-Naftol	El tejido se impregna con un agente de desarrollo como el naftol; luego se exprime y eventualmente se seca, posteriormente se trata con una base diazotada o su correspondiente sal soluble para que se produzca el desarrollo (o copulación) del color
Reactivos	Tipo marcas registradas	Son los únicos colorantes que se unen a la fibra químicamente, se fijan en caliente a pH alcalino

*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*

## ESTAMPADO

En contraposición al teñido, en el estampado se usan soluciones o dispersiones espesadas, de esta manera se evita que la partícula de colorante migre, reteniéndose el color en la superficie del estampado. De acuerdo con el diseño se usan pastas de almidón, dextrina o goma. Se realiza principalmente por dos procedimientos.

### Estampado por rodillos

Método de trabajo continuo que mediante rodillos gravados en hueco transmite por contacto la pasta de estampado al tejido de acuerdo al diseño.

### Estampado de lionesa o en la malla

La pasta de impresión se transfiere al textil a través de aberturas en mallas especialmente diseñadas. El proceso puede ser manual, semiautomático o completamente automático. El estampado puede ser en cuadros planos o rotativos, mientras que el manual y el semiautomático se procesan en

cuadros planos únicamente. Después de estampar y secar, el género debe someterse a un proceso de fijación de colorante.

## ACABADO FUNCIONAL

El acabado funcional hace referencia a la aplicación de un gran número de tratamientos químicos que amplían la función de un tejido al dotarlo de determinadas propiedades.

Si bien la variedad de químicos que se utiliza es amplia, el agua residual que se genera durante su aplicación es por lo general reducida. Los acabados con frecuencia se aplican al tejido a partir de una solución de agua. Es posible aplicar varios acabados a partir de un solo baño. La aplicación se realiza por medio de calandrias que transportan con un rodillo el acabado de una cuba a la superficie del tejido. Luego el acabado se seca y cura sobre el tejido. Las fuentes de agua residual son los depósitos utilizados para el baño y la limpieza del equipo de aplicación y de los tanques de mezclado.

*A pesar de utilizar insumos en pequeñas cantidades, el acabado funcional es el proceso que aumenta en mayor grado la carga contaminante del efluente*

**Tabla 2. Tipos de acabados funcionales**

Tipo de acabado	Productos empleados	Características
Planchado permanente	Resinas sintéticas	La durabilidad se consigue con una cura de calor y un catalizador que genera una reacción de polimerización en la estructura física actual del tejido se fija
Tejidos impermeables	Siliconas	Si son aplicados en forma adecuada, los tratamientos de silicona pueden resistir varias lavadas en agua o en seco. Además de agua, las siliconas repelen con efectividad los fluidos grasos.
Resistencia al fuego	Cloruro de fosfonio de tetrakis	Los acabados anti-inflamables se aplican a tejidos celulósicos para evitar que entren en combustión
Tejidos a prueba de polillas	Fluoruro de silicona y fluoruro de clomo	Se aplican usualmente a la lana y otras fibras de pelo animal, haciendo que dejen de ser un alimento apropiado para la larva de la polilla
Bacteriostáticos y resistencia al moho	Fenoles clorados o sales metálicas de zinc y cobre	Estos aditivos evitan los olores, prolongan la vida del tejido y también combaten el moho, los hongos e impiden el crecimiento de bacterias
Telas a prueba de manchas	Silicona orgánica, fluoruros o derivados de oxazolona	Los acabados que no retienen las manchas permiten la remoción de manchas de los tejidos con un simple lavado, además algunos de ellos hacen que el poliéster o sus mezclas se vuelvan menos conductores de la acumulación de estática

#### 4. ¿QUÉ ES PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA?

En los últimos 50 años el enfoque acerca de cómo lidiar con los desechos industriales ha ido evolucionando. Antes de la revolución industrial el ecosistema era capaz de absorber los desechos generados en la manufactura de los diversos artículos que el hombre producía.

A finales del siglo XVI la manufactura en serie empezó a producir enormes cantidades de residuos que llegaron a contaminar los cuerpos receptores.

Cuando la dilución en el medio se hizo imposible, se empezó a tratar los residuos, separando los materiales contaminantes de los inocuos al ambiente, pero aún había que deshacerse de ellos de alguna forma, esto se le conoce como tratamiento al final de la tubería. Luego vino la prevención, donde se enmarca la Producción Más Limpia (PML), reduciendo el uso de materia prima, energía y la generación de residuos, que disminuye el costo en plantas de tratamiento, que se cataloga como un gasto no productivo. Aún hoy en día muchas de las industrias aplican un enfoque de tratamiento al final de la tubería, sin darse cuenta que en la mayoría de ocasiones es más rentable el enfoque de la prevención.

La PML es un término general que describe un enfoque de medidas destinadas a la prevención de la contaminación industrial.

La PML es útil en todas las actividades dentro de una empresa, puede generar beneficios en cada uno de los procesos de producción dentro de la compañía, desde la recepción de materias primas hasta el despacho del producto terminado.

Existen muchos conceptos erróneos de lo que es la PML, algunos la entienden como reciclaje, tratamiento de efluentes, dilución, transferencia de contaminantes de un medio a otro, encapsulamiento, etc. Pero las

medidas anteriores se encargan del problema cuando el desecho ha sido producido.

La PML reconoce que no se pueden eliminar totalmente los desechos, pero si se pueden reducir a un mínimo. Para el proceso de producción, la PML incluye la conservación de materias primas y energía, la eliminación de los materiales tóxicos de los procesos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos antes de que salgan del proceso de producción.

Para los productos, el enfoque destaca la reducción del impacto ambiental durante todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de la materia prima hasta la eliminación definitiva del producto, mediante el apropiado diseño del producto; esto último se conoce como ecodiseño.

Como se puede ver, la PML es un enfoque integral, de prevención de la contaminación que posee la enorme ventaja (en contraposición al tratamiento al final de tubería) de generar beneficios económicos.

*"La producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada para los procesos y los productos, con el fin de reducir los riesgos al ser humano y al medio ambiente"*  
PNUMA

#### 4.1 IMPLEMENTACIÓN DE PML

A continuación se enumeran las etapas en la implementación de PML en una empresa manufacturera.

##### **Formación del equipo de trabajo**

El primer paso para una ejecución eficaz de PML debe ser la formación de un grupo que se encargue de llevar a cabo el proyecto.

Es de vital importancia que este grupo de trabajo cuente con el total respaldo de la gerencia, para poder desarrollar el trabajo de la mejor forma posible, de lo contrario el resultado del trabajo de este grupo no responderá a las necesidades reales de la compañía, y como la PML es una estrategia continua, una situación de esta naturaleza llevará a pobres resultados.

*Sin una decisión firme, clara y por escrito de los altos mandos de adoptar técnicas de Producción Más Limpia, el resto del personal no aportará una contribución efectiva*

La cantidad de elementos de este grupo depende directamente del tamaño de la planta a estudiar, pero debe de contar con elementos que posean conocimientos especiales:

- Un coordinador general, encargado de la administración del grupo, que tenga peso en las decisiones gerenciales, para poder realizar cambios en momentos oportunos.
- Un elemento con experiencia en auditorias ambientales, que conozca a fondo la teoría de PML.
- Debido a la naturaleza de los procesos se necesita la participación de un elemento con amplios conocimientos en transferencia de calor, pero de todas maneras todos los participantes en el grupo deben de poseer un grado mínimo de conocimientos en esta área.
- Un empleado por cada departamento de la planta que dominen plenamente todos los procesos que les corresponden.

Además, el personal seleccionado debe ser creativa y abierta al cambio. Una vez se tenga definido el grupo, se le debe de capacitar acerca de lo que es PML y acerca del trabajo que realizarán. Ante la disyuntiva sobre la proporción de elementos internos y externos en la conformación del grupo de trabajo se debe tener en cuenta que el personal de la planta conoce perfectamente los procesos, pero un elemento foráneo, aunque tenga más conocimientos en PML, puede realizar un examen totalmente subjetivo.

### **Análisis preliminar**

Este paso debe tener como objetivo determinar los procesos individuales con mayor potencial de aplicación de PML, es aquí donde se debe recopilar información acerca de las cantidades de insumos que entran a la operación, así como las salidas de esta, ya sean productos o desechos.

Para realizar lo expuesto se debe dividir todo el proceso dentro de la planta en operaciones unitarias y construir diagramas de flujo del proceso que enlacen las operaciones unitarias, hay que tener en mente que la información recopilada servirá como base para el siguiente paso, que es el balance de materiales.

Para realizar esta recopilación de una forma óptima se debe contar con una guía adecuada, que generalmente se presenta en forma de un cuestionario que debe ser comprobado con los encargados de cada área.

Para determinar los procesos a los que se les debe realizar un balance de materia, se recomienda la utilización del Eco-Inspector 2.0, que es un software especializado para este tipo de estudios. Proporciona resultados aceptables, aunque subjetivos, ya que depende de los criterios del evaluador, por lo que se tendrán mejores resultados si el personal que utiliza el software posee un conocimiento adecuado de los procesos y de la teoría de PML.

Si en un dado caso no se cuenta con este instrumento se debe de revisar el documento de tesis del cual surgió este manual (Manual de aplicación de las técnicas de Producción Más Limpia en los procesos de acabado del sector textil en El Salvador. UDB, 2003) para de observar cuales son los puntos en los cuales se enfoca el Eco-Inspector, efectuando los cálculos debidos de una forma manual, para obtener un resultado igual al que se obtendría al utilizar el software.

El tiempo que se le debería dedicar al análisis preliminar no debería sobrepasar una semana. Por supuesto, este tiempo debe de estar directamente relacionado con el tamaño de la planta y recomendable que la todos los elementos del grupo de trabajo llenen el cuestionario; para tener una diversidad de opiniones en la discusión y selección de procesos con potencial de mejora.

Por lo general, en la planta de acabado se utiliza vapor. Por ello, es recomendable que el análisis preliminar abarque también el área de calderas, aunque esta no forme parte de la planta de tintorería y acabado. Es importante poner atención a los aspectos psicológicos del estudio, ya que los trabajadores no estarán dispuestos a suministrar información si creen que tendrán problemas por las ineficiencias del proceso.

### **Balance de materia**

Para la realización del balance de materia se debe de tomar como base la información recopilada en el análisis preliminar, aunque los registros de la planta son también una fuente importante de datos. Una o dos semanas son tiempo suficiente para llevar a cabo el balance de materia, aunque esto puede variar de acuerdo al tamaño de la planta.

En una planta de tintorería y acabado textil un balance debería incluir agua, vapor, tela, químicos (incluyendo auxiliares y los utilizados en los distintos tipos de acabado), colorantes y energía eléctrica.

En ocasiones la información para realizar un buen balance es difícil de conseguir porque las compañías no poseen registros adecuados y es aquí donde debe entrar el ingenio y la creatividad de los integrantes del grupo de trabajo, si es que no quieren incurrir en gastos adicionales de contadores.

Al momento de realizar el balance, estas consideraciones serán de especial ayuda:

- La evaporación es una salida muy difícil de cuantificar, se recomienda dejarla como incógnita para el cierre del balance.
- Para obtener datos más precisos se debe trabajar con densidades correspondientes a la temperatura que encuentra el cuerpo, especialmente los líquidos y gases.

- Tomar en consideración el estado de las entradas y salidas de la caldera, porque esta muy ligada a los procesos de tintorería y acabado.
- La base para la realización del balance es variable, para los procesos continuos debe ser el periodo de funcionamiento, tomando un máximo de 24 horas, en los procesos por lote se toma como base uno de estos.
- Es aconsejable tomar varias mediciones de los datos necesarios, como mínimo tres, para poder sacar un promedio confiable.
- Debido a la amplia variedad de producto terminado, es muy probable que exista una extensa variedad en las condiciones de los procesos (ya que varían para cada producto), por lo que se deberán tomar aquellas que representen la mayor parte de variaciones.

Una vez recopilada la información necesaria y debido a la naturaleza de los procesos, se necesitará de trabajo de grupo para realizar los cálculos necesarios en aquellos elementos que no pudieron medirse directamente, para completar el balance. Luego de obtener los resultados en la base elegida, se extienden a datos anuales que son los que representan mejor los resultados.

### **Pruebas físico-químicas**

Una parte importante dentro del proceso es la realización de las pruebas para la caracterización de los desechos, aún para empresas que poseen plantas de tratamiento este punto es muy importante, ya que puede dar paso a una segregación de los desechos. Es posible encontrar varios efluentes que cumplen con las normas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y por ende no deberían de ir a la planta de tratamiento; entre menos volumen se procese los costos se reducirán.

*Sí el laboratorio tiene certificadas por el CONACYT las pruebas a realizar los resultados de estas son reconocidos por el MARN, hasta la fecha los únicos dos laboratorios con pruebas de aguas certificadas son ESPINSA Y LECC*

Un análisis completo de los efluentes de una planta de tintorería y acabado debería incluir: DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, existen también otro grupo que dependerá de la naturaleza de los procesos, tal es el caso de los SAAM (para aquellos que utilicen detergentes), Aceites y grasas (en las plantas que trabajen con fibras naturales), pueden ser necesarios análisis de aluminio, estaño, cromo, cobalto, cobre, níquel, zinc, mercurio, cobalto, cadmio, arsénico y plomo (dependiendo del tipo de colorante, para determinar si son necesarios análisis de estos componentes debe de consultar las hojas técnicas de los tintes o avocarse a su proveedor).

Entre más completo sea el set de pruebas, se tendrán mejores resultados. Además de advertir una posible reducción en el flujo de entrada de la planta de tratamiento, con los resultados de estos análisis se puede focalizar el trabajo del grupo en aquellos procesos cuyos efluentes que resultaron más contaminantes, también se utilizan para la determinación de los índices ambientales (Ver sección 5).

### **Generación de opciones**

Esta es la etapa más importante de todo el proceso y es aquí donde se deben de tener en cuenta las posibles fuentes de información y las técnicas para la generación de alternativas.

La fuente de información que debe servir como base son los resultados del balance de materia, pero la lluvia de ideas, los estudios de casos de implementación de PML en otras plantas y la investigación acerca de los últimos avances tecnológicos en el área deben ser también utilizados.

Entre los principios de PML a tomar en cuenta tenemos primero las medias obvias de reducción de residuos, se debe prestar atención a los procedimientos que generen

desperdicio de materiales (buenas prácticas de manufactura):

- Procedimientos de limpieza.
- Control de los procesos.
- Manejo de materiales.
- Almacenamiento de materiales.

La segregación consiste en evitar la mezcla de residuos altamente tóxicos o concentrados de aquellos que tienen concentraciones bajas.

Las medias de reducción a largo plazo incluyen:

- Cambio en las materias primas.
- Cambio en la producción/proceso.
- Control en los procesos.
- Reciclaje/recuperación in situ.
- Explotación de subproductos útiles.
- Modificación del producto.

Una vez se han establecido las posibles alternativas estas se deben evaluar tanto técnica como económicamente. La primera asegura que las alternativas tienen posibilidades reales de ser implementadas, es en esta parte que el aporte de los conocedores de los procesos expresaran sus importantes opiniones acerca de la viabilidad de las propuestas. La evaluación económica verificará que las alternativas no solo beneficien al medio ambiente, sino que también generen beneficios económicos dentro de un plazo razonable.

Una vez las alternativas son evaluadas y aprobadas están listas para pasar a una fase piloto, para finalizar las alternativas que comprueben su valía podrán ser establecidas permanentemente.

### **Monitoreo**

Como la PML es un proceso continuo, debe tener un seguimiento, para asegurarse que los cambios realizados, en especial en los procedimientos o prácticas habituales, no se reviertan. Así mismo el monitoreo es necesario para poder

*Como la calidad del medio ambiente esta pasado a ser un asunto de gran importancia para la sociedad, la implementación de PML puede efectivamente realzar la imagen de la compañía ante la opinión pública*

corregir y dar pequeños ajustes a cualquier eventualidad que pueda acontecer, creando un sistema de retroalimentación que lleve a un fortalecimiento del sistema.

### Divulgación

Parte esencial de un esfuerzo para mejorar las condiciones ambientales y la competitividad de las empresas de nuestro país, se anima a las compañías a divulgar los resultados exitosos de aplicación en PML.

En nuestro medio no existe una cultura en este sentido, pero los beneficios son muchos; al comprobar éxitos en otros lugares más empresas se animarán a llevara cabo un programa de PML, mejorando la calidad del ecosistema local, aumentara la competitividad de las empresas, propiciando el desarrollo nacional, al crear una cultura de divulgación la misma empresa puede encontrar retroalimentación para mejorar sus resultados, o encontrar maneras de afrontar otros problemas en diferentes áreas de la empresa.

Para llevar a cabo esta fase se pueden utilizar múltiples canales, las revistas empresariales (ASI, Cámara de comercio, etc.) ambientales (Salvanatura) son medios óptimos,

además se debe incluir la Internet, en donde puede darse también divulgación sin que la empresa incurra en grandes costos.

### Cronograma de actividades

Para finalizar se presenta el cronograma de actividades, que tiene el objetivo de darle al lector una idea de cuanto tiempo puede invertir el grupo de trabajo en la implementación de los pasos descritos.

El cronograma de la figura 2 se realizo teniendo como base una planta de tintorería y acabado de textiles con aproximadamente 53 empleados, una producción mensual promedio de 470,000 yardas de tela.

En la generación de opciones se incluyen las evaluaciones técnicas y económicas, y como algunas alternativas son sencillas pueden ser aplicadas rápidamente y por supuesto, su monitoreo debe comenzar inmediatamente. Una pre-divulgación se puede dar semanas luego de la implantación, ya que se requiere de cierto tiempo (muy posiblemente meses) para poder disponer de resultados concretos y confiables, que puedan ser aprovechados por los interesados.

*En las plantas de acabado y tintorería la mayoría de residuos son líquidos, pero los pocos residuos sólidos, son usualmente retazos de tela, que al final se convierte en producto terminado*

**Figura 2.** Cronograma para la implantación de PML

	MES #1				MES #2				MES #3				MES #4				MES #5			
	SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Formación del grupo de trabajo	■																			
Análisis preliminar		■	■																	
Balance de materia				■	■	■	■													
Realización de pruebas físico-químicas							■	■	■	■	■									
Generación de opciones							■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Puesta en marcha													■	■	■	■	■	■	■	■
Monitoreo													■	■	■	■	■	■	■	■
Divulgación																				

## 5. INDICES DE ECOEFICIENCIA

Los índices de eco-eficiencia son la referencia de control que la empresa tiene para poder realizar de manera efectiva la mejora continua de los procesos de acabado.

Así como las mejoras ambientales se pueden originar a partir de una mejor utilización de los materiales, el uso de insumos menos contaminantes o la mejora del manejo de materiales. También existen índices que nos muestran cada tipo de condición por proceso. Son los índices de consumo, ambientales y económicos, que son importantes para poder comprender de manera clara el comportamiento de una operación.

Esto no quiere decir que la interpretación sea independiente, la lectura de la situación se debe hacer de forma conjunta, pues la variación de uno de ellos, significaría diferentes cosas, dependiendo de las otras dos.

### INDICES DE CONSUMO

Se refieren a la relación de insumo contra una unidad de producto, en este caso se utilizarán las toneladas. Son los primeros índices que deben calcularse y el momento para realizarse es después de tener completo el balance de materia en las operaciones que se desean analizar.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{Relación de material X} = \frac{\text{U. material X}}{\text{Ton. Prod}}$$

El principal insumo por la cantidad utilizada es el agua, que se mide en m<sup>3</sup>/ton prod, luego está el vapor que es importante por su elevado costo de producción y se mide en ton vapor/ton prod. Y después están los demás insumos especiales como colorantes, químicos auxiliares, resinas, aprestos, ceras, etc. que se utilizan en una operación específica y se miden en kg/ton prod.

Por si solos, los índices de consumo pueden servir de comparación entre alguna mejora que se haga al proceso, para determinar su efectividad. Además de eso, se puede utilizar para monitorear un proceso y verificar que se cumplan con los estándares de materiales. Lo que además de controlar la entrada, mejora la calidad del producto.

Además de insumos materiales, también se puede trabajar para conocer la energía utilizada, medida en kW-h/ton prod y la mano de obra en h-h/ton prod. La variable nueva en este caso es el tiempo, que se multiplica por el número de empleados ó la potencia de la máquina, según sea el caso, como se muestra a continuación:

$$\text{Relación de empleados} = \frac{(\# \text{empleados})(t.\text{proc})}{\text{Ton. Prod}}$$

Una variación interesante de este índice es utilizarlo para controlar las descargas del proceso, en este caso el Banco Mundial ofrece valores límites que se pueden considerar aceptables para una textilera húmeda.

Proceso	Salida m <sup>3</sup> /ton p
Procesamiento algodón	265
<b>Combinado promedio</b>	
Desencolado	22
Blanqueado	100
Mercerizado	35
Teñido	50
Estampado	14
Procesamiento de rayón	42
<i>Procesamiento de acetato</i>	75
<i>Procesamiento de nylon</i>	125
<i>Procesamiento de acrílico</i>	210
<i>Procesamiento poliéster</i>	100

[WHO, 1993]

Para que la condición de monitoreo sea válida, los datos de cada variable deben renovarse periódicamente. Aunque el balance de materia inicial puede llegar a ser extenso, a partir de

*Los índices de eco-eficiencia están basados en la interpretación de los índices de consumo, ambientales y económicos de cada proceso*

ese momento, se pueden determinar herramientas de apoyo para poder monitorear los cambios que ocurren en el proceso. Como contadores de vapor, contadores de agua, registros de uso de colorantes, contador eléctrico por máquina. O bien, hacerlo de forma indirecta, por ejemplo, medir el tiempo de trabajo de una máquina y multiplicarlo por el consumo promedio de energía.

De esta parte se desprende una aproximación. Si la línea de proceso se mantiene constante, los índices de consumo y descarga pueden servir para determinar la cantidad de insumos necesarios para una temporada, a partir de las ventas estimadas de mercadeo. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{InsumoX} = (\text{Relación insumo}) (\text{ton prod})$$

Este procedimiento también se puede utilizar para los índices ambientales y económicos, para determinar, por ejemplo, la descarga de SST por temporada o el dinero necesario para cumplir un pedido.

## INDICES AMBIENTALES

Para calcular el índice ambiental, es necesario contar con las descargas totales y las pruebas físico-químicas. En este caso se deben realizar las solicitadas por el Reglamento especial de aguas residuales y los valores de la NSO 13.07.03:02

Parámetro	Valor máximo
DBO <sub>5</sub>	200 mg/l
DQO	400 mg/l
pH	5.5 – 9.0
Aceites y grasas	35 mg/l
SSed	15 mg/l
SST	150 mg/l
Temperatura	20° - 35° C
SAAM	10 mg/l
Color	No modificar

Teniendo los valores de las pruebas físico-químicas, se puede hacer una comparación con el nivel requerido por la legislación. Sin embargo, el problema que presenta este tipo de comparación es que está sujeta a las diluciones de la descarga.

Para eliminar este problema es mejor trabajar con la carga total, es decir, la carga por lote. Se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Carga total} = \frac{[\text{Carga (mg/l)}] \times [\text{Descarga total(l)}]}{[\text{Descarga total(l)}]}$$

De esta forma se obtiene, por ejemplo, los kg totales de sólidos que genera un proceso al año.

Para realizar este cálculo, se debe tener cuidado de asegurarse la unidad que representa ese valor, ya que puede ser un lote, un día, un año, etc.

Por este motivo, en algunos países se prefiere trabajar con la carga específica, que se refiere a la relación de contaminante por unidad de producto (casi siempre toneladas). Ya que es independiente del tiempo y de la dilución y solo depende del valor de la empresa, que es el producto. La fórmula para encontrarla es:

$$\text{Carga específica} = \frac{\text{Carga por lote}}{\text{Ton. Prod}}$$

Si se parte de la carga por lote, de lo contrario es:

$$\text{Carga específica} = \frac{[\text{Carga (mg/l)}] \times [\text{Descarga total(l)}]}{\text{Ton. Prod}}$$

Partiendo del parámetro inicial de la descarga. Si se observa la última fórmula, dentro de ella está el factor (Descarga total/ton prod), que es igual al índice de descarga, previamente encontrado, por lo que una forma más sencilla de encontrar la carga específica es con la fórmula:

$$\text{Carga específica} = \frac{(\text{Índice descarga}) \times (\text{Carga})}{(\text{Carga})}$$

*Aunque el MARN maneja la carga contaminante en mg/l, es recomendable utilizar la carga específica, que presenta unidades de kg carga/ton producto*

El Banco Mundial trabaja con estos índices (Carga específica) y presenta los siguientes valores:

Proceso	DBO <sub>5</sub> Kg/T	SST Kg/T
Procesamiento algodón	115	70
<b>Combinado promedio <sup>c</sup></b>		
Desencolado	58	30
Blanqueado	8	22
Mercerizado	8	2.5
Teñido	60	25
Estampado	54	12
Procesamiento de rayón	30	55
Procesamiento de acetato	45	40
Procesamiento de nylon	45	30
Procesamiento de acrílico	125	87
Procesamiento poliéster	185	95

[WHO, 1993]

*Los índices económicos pueden llegar a definir la prioridad de trabajo por materiales, al controlar el verdadero valor nominal por tonelada de producto*

Al momento de definir una muestra, se debe tener cuidado que a veces un proceso tiene diferentes tipos de descarga. Por ejemplo, el teñido tiene como grave la primera descarga, que es donde se aplican los colorantes y químicos auxiliares, sin embargo, también están las descargas del enjuague de la tela, que pertenece al proceso de teñido. Por lo que a veces será necesario realizar dos pruebas en un solo proceso. Pero si no se disponen de los recursos para realizar todas, se debe tener preferencia por las que presenten un peor valor de descarga.

## INDICES ECONOMICOS

En las empresas casi siempre se lleva un control del costeo de los insumos por un período de tiempo, pero rara vez se relaciona con el producto, que es el verdadero informante de la importancia de determinado insumo.

El índice económico, se define como la relación entre el costo de un insumo o descarga por unidad de producto (Usualmente descarga).

La fórmula para encontrar el índice económico es igual a:

$$\text{Ind. Ec. Insumo X} = \frac{(\text{Costo})(\text{Cant. InsumoX})}{\text{Ton. Prod}}$$

Si se parte del balance de materia, pero si ya se posee el índice de consumo, la fórmula será:

$$\text{Ind. Ec. Insumo X} = \frac{(\text{Costo})(\text{Índice de consumo})}{\text{consumo}}$$

Se puede hacer con el agua, vapor, colorante, aprestos y demás insumos. Como se dijo antes, si la proceso es constante, sabiendo la producción, se puede tener fácilmente el costeo de los insumos, incluyendo energía eléctrica y mano de obra.

Algo que se agrega a este índice es el costo de descarga, que equivale al costo de la planta de tratamiento por producir cierta cantidad de producto.

## INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para que una empresa sea ecoeficiente, debe mantener los tres índices en niveles óptimos de trabajo.

Los significados para las variaciones en los índices pueden interpretarse de la siguiente manera:

- Si los tres mejoran, significa que se han optimizado los procesos mas delicados de la empresa.
- Si mejora el económico y el de consumo, significa que elementos como agua y vapor se manejan mejor
- Si solo aumenta el índice económico, lo que se experimenta es un alza de los precios.
- Si aumenta el índice económico y disminuye el índice ambiental, puede ser efecto del cambio de materia primas más amigables al ambiente.
- Si aumenta el índice económico y el de consumo, significa que puede existir una fuga en la empresa.
- Si solo aumenta la carga ambiental, podría significar que hay fallas en el sistema de tratamiento y tuberías. En todo caso, si aumenta, no es una alternativa de PML.





## ALTERNATIVAS DE MEJORA

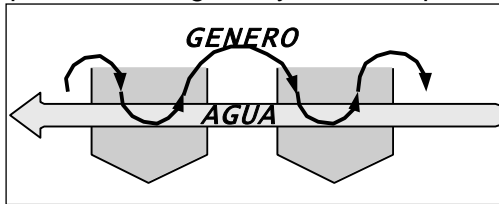
### PROCESO DE DESENGOMADO

#### ALTERNATIVA 1 LAVADO CONTRACORRIENTE

El lavado contracorriente es altamente recomendado en los procesos en los que el genero se mueve de una estación de lavado a otra, en la empresa modelo, las estaciones son 5 cubas, cada una con sus respectivas entradas y salidas de agua, la modificación consistió en eliminar las entradas de agua de todas las cubas excepto de la penúltima, y eliminar las salidas excepto de la primera, la última cuba permaneció como esta. Es necesario que la tela se enfríe antes de salir y el agua utilizada en las cubas ya viene caliente, ya que ha sido utilizada para enfriar en otro proceso. Además, como el agua que sale de la cuba 5 esta casi limpia, es reutilizada para emparejar la humedad del genero antes de entrar al siguiente proceso. Las cubas son unidas por canaletas, por lo que las modificaciones no requieren mucha inversión.

La reducción en las necesidades de agua varía según el número de estaciones de lavado con que se cuenta, el porcentaje puede variar de un 25% hasta un 75% [EPA, 1996], como se puede observar en la figura 3 el principio es simple, de esta manera se lava la tela más sucia con el agua mas contaminada (que ya paso por las 3 cubas anteriores), y la tela limpia es lavada por el agua más pura. Para hacer correr el agua no es necesario ningún sistema de bombas, ya que esta corre por gravedad, el nivel del agua de una cuba es unos pocos centímetros mayor que el nivel de la cuba inmediata anterior, lo suficiente para generar en flujo de agua, aunque existe mota por el genero, el sistema de canaletas abiertas evita que la mota se enrede a la salida de la cuba y bloquee el

paso del agua, y como por el



**Figura 3.** Lavado contracorriente

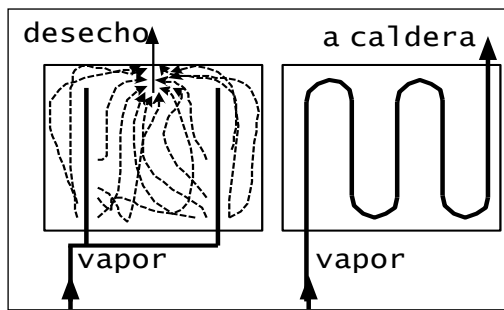
movimiento de la tela y los cilindros de la cuba el agua se mantiene en constante movimiento no se forman sedimentos aunque las canaletas se encuentren en la parte superior de las cubas. Aproximadamente el tiempo necesario para echar a andar el proceso mejorado es de aproximadamente 2 semanas, se puede aprovechar, el mantenimiento anual regular de la máquina para realizar los cambios.

#### ALTERNATIVA 2 CAMBIO DE INTERCAMBIADOR ABIERTO A INTERCAMBIADOR CERRADO.

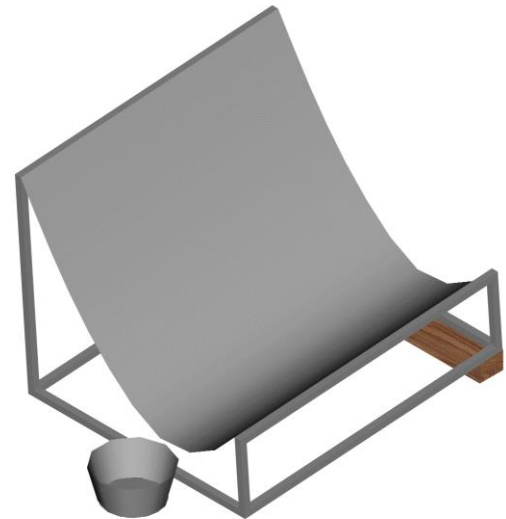
En la industria existe una mayoría de procesos que utilizan vapor como fuente para calentar líquidos, este calentamiento es llevado a cabo mediante intercambiadores algunos cerrados y otros abiertos. En este caso existía un intercambiador abierto, lo que provocaba que no hubiera retorno de condensado a la caldera; además el vapor condensado, agrega a las cubas elementos ajenos al proceso, lo que puede traer efectos no deseados en el genero.

Por estas razones se decide cambiar y agregar un serpentín, para que de esta manera se pueda regresar todo el condensado, el único inconveniente es que la goma disuelta en el agua se adhiere a las paredes calientes de los tubos, y con el tiempo la goma depositada podría servir como aislante. Para evitar ese problema se recomienda limpiar los tubos una vez a la semana.

*Si trabaja con  
fibras celulosicas  
es posible que  
pueda aplicar  
teñido en frío, el  
cual no requiere  
calor y exige un  
mínima cantidad  
de agua, se  
realiza con tintes  
fiber reactive  
info. en  
[www.p2pays.org](http://www.p2pays.org)*



**Figura 4.** Con un calentador abierto se pierde masa y energía



**Figura 5.** Captador de aguas

*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener en el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*

En las calderas se combina agua fresca con el condensado, al aumentar la cantidad de este último, se necesita de menos agua fresca y como el condensado ya viene suavizado, se reducen las necesidades de este proceso, y muy posiblemente se reduzcan la cantidad y frecuencia de las purgas a la caldera. Además como al aumentar el porcentaje de condensado en la alimentación de la caldera aumenta la temperatura de esta, disminuirá la cantidad de combustible necesitado para llevar el agua al punto de saturación, lo que debido al precio del petróleo y las emisiones generadas de su combustión representa el mayor beneficio de la alternativa tanto económico como ambiental.

## PROCESO DE TEÑIDO DE POLIÉSTER EN MÁQUINA JET

### ALTERNATIVA 3 RECOLECTAR EL AGUA DE ARRASTRE DEL ÚLTIMO ENJUAGUE PARA EL PRÓXIMO TEÑIDO

Consiste en colocar un recolector de aguas a la salida de la máquina para captar el agua de arrastre de la tela, con el objetivo de regresarla al tanque principal de la máquina y utilizarla en el próximo teñido.

Es posible utilizar el agua del último enjuague para el teñido del próximo lote, sin embargo, se puede perder agua por el arrastre de la tela, que provocaría que no se recupere de forma óptima la totalidad del agua.

La cantidad de agua perdida por arrastre puede llegar a los 3m<sup>3</sup>/ton prod y a los 5,544 m<sup>3</sup>/año.

Es recomendable utilizar este sistema para las máquinas jets, porque un exprimidor puede generar problemas de quiebres en la tela, que es consecuencia de realizar el proceso en cuerda.

Con una masa promedio del agua de arrastre de 0.96 m<sup>3</sup> por lote. Se considera que un depósito de 1 m<sup>3</sup> es suficiente para captar el agua de arrastre.

Para optimizar los recursos de las empresas, el recolector de aguas puede realizarse a partir de los colectores de tela que se utilizan para el secado de tela, a los que se les agregan sencillos dispositivos para que puedan cumplir esta labor.

El procedimiento de recolección de aguas consiste en ubicar el colector al frente de la máquina al momento de sacar la tela, para que el agua de arrastre se deslice por las paredes (Ver figura 5) y se dirija hacia el depósito 1 m<sup>3</sup>.

Los dispositivos adicionales son:

1. Una guía de madera para generar un desnivel en los colectores y dar una salida para el agua. Consiste de un trozo de madera de 1.75 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.15 cm de alto, que logrará un ángulo de 7°.

2. Depósitos de 1 m<sup>3</sup> que posean una altura menor a 0.3 m, que contendrán lo que se devolverá a la cuba en cada lote.

Con ésta técnica se podría recuperar el 95% del agua de arrastre.

contracorriente y el enjuague por pasos (igual al actual), utilizando el agua del enjuague 2 (Salida 3) para el enjuague 1 (Entrada 1), ya que el agua puede ser de menor calidad en los primeros enjuagues.

Ya que no se puede utilizar el agua de la Salida 3 para el mismo lote, se tienen que utilizar depósitos para contenerla para próximos lotes. De esto surge una dificultad, porque no se puede utilizar el agua de enjuague de un color para el enjuague de otro color, pues ocasiona modificaciones en el tono de la tela, que disminuye la calidad. Para evitarlo, se debe separar el agua de enjuague por colores.

Una empresa puede trabajar con más de 50 colores en su línea de productos. Resulta complicado tener un depósito para cada uno, por lo que se recomienda trabajar únicamente con el tono de más demanda, que en algunos casos puede suponer el 45% de la producción total.

En la figura 7 se presenta el circuito de aguas propuesto para las máquinas jets, incluyendo los cambios que tendrían que poder realizarse durante el proceso.

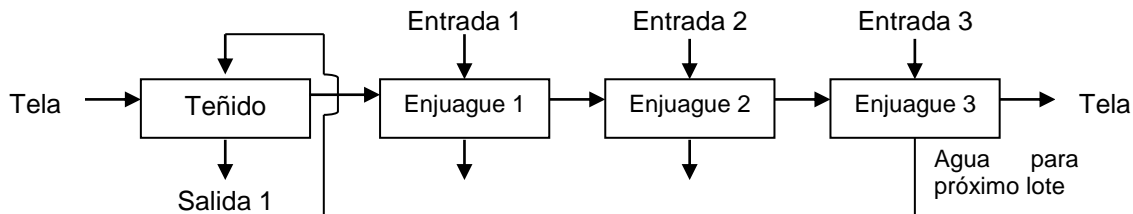
*En el proceso de teñido en jet, el agua del último enjuague se puede almacenar en el tanque para utilizarlo en el teñido del próximo lote*

**ALTERNATIVA 4  
USO DE AGUA DE ENJUAGUE  
PARA OTROS ENJUAGUES**

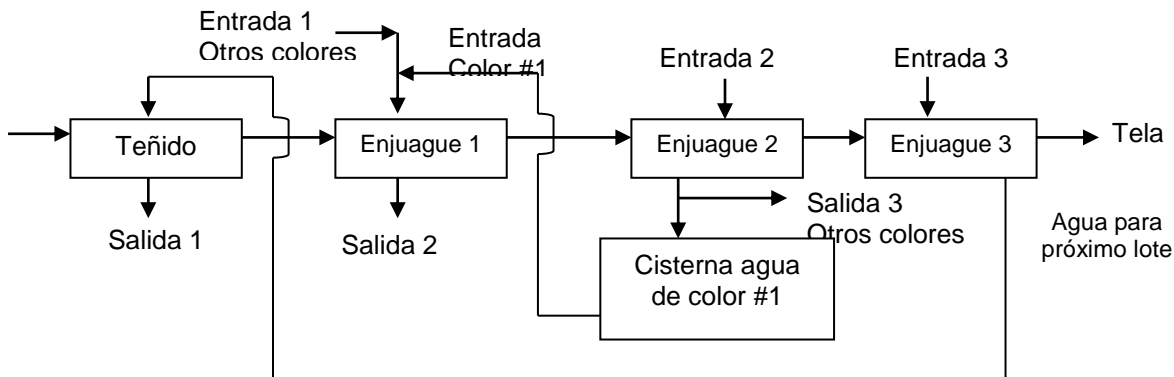
Utilizar el agua del segundo enjuague del color más usado para realizar el primer enjuague del mismo color en el próximo lote.

La figura 6 muestra el procedimiento usual para las entradas de aguas a las máquinas jets.

La propuesta consiste en una combinación de un lavado en



**Figura 6** Proceso actual de entradas y salidas de agua en el teñido en jet



**Figura 7** Proceso actual de entradas y salidas de agua en el teñido en jet

El ahorro generado por el sistema sería igual a la capacidad de tanque de la máquina, que puede llegar a los 8.5 m<sup>3</sup>/Ton prod del color más usado.

Requerimientos necesarios para desarrollar este sistema:

1. Cisterna de agua de enjuague: Si la producción anual es constante, la capacidad puede estar en función de la producción diaria. En tal sentido, si el agua a reusarse equivale a 14.6 m<sup>3</sup>. Las medidas pueden ser 2x3x2.5 m<sup>3</sup>. Se recomienda que este a un costado de las máquinas para minimizar el consumo de energía de las bombas.

2. Bomba: Se utilizará para llevar el agua de la cisterna a cada máquina.

3. Juego de tuberías: Depende de la ubicación que tenga la cisterna.

4. Válvulas de control de flujo de entrada: Para utilizar una sola bomba para varias máquinas jets, se deben colocar válvulas a la salida, para indicar la dirección del flujo, que se sumarán a las válvulas de entrada a la máquina para evitar el retorno.

5. Válvulas de control de flujo de salida: Para evitar la contaminación con material suspendido se tendrán que colocar 2 válvulas, una dirigida a la canaleta y otra a la tubería que lleva a la cisterna.

## PROCESO DE TEÑIDO DE RAYÓN EN MÁQUINA JIGGER

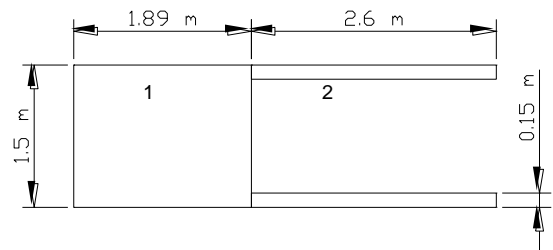
### ALTERNATIVA 5 COMBINAR EL DISEÑO DE LA TELA GUÍA

Utilizar una pieza compuesta de tela cruda y dos piezas de lona plastificada en cada lado, que posean un ancho de 15 cm cada una, en lugar de tela guía, para evitar que la tela no necesaria se sature de colorante, llevando a una reducción de estos, además de evitar el lavado en jet de las telas guías.

El motivo para hacer pasar la tela guía por todo el recorrido de la cuba

es porque si todo el producto no lo hace, las proporciones de absorción son diferentes. Que pueden llegar a un 60%-70% del requerido, que es la absorción que la tela guía adquiere.

En la propuesta, la tela guía no sería de un solo material, sino una combinación entre la tela cruda para el inicio y dos tiras de plástico unidas en los extremos. Tal como se muestra en la figura 8



**Figura 8** Dimensiones de la tela y de los plásticos

La pieza 1 es la tela cruda que sirve para mantener el funcionamiento de adhesión al cilindro de acero por fricción y para guiar el ancho de la pieza. La medida de 1.89m corresponde a las 2 vueltas que la tela en el cilindro de acero.

La pieza 2 corresponde a la lona plastificada y es la que se sumerge en la solución con colorantes. La medida de 2.6 m es a la longitud que la pieza tiene que recorrer por la cuba desde que sale del cilindro hasta llegar al otro extremo.

El consumo de colorantes directos es  $2.29 \times 10^{-3}$  Kg/m de tela, por lo que la propuesta conduce a un ahorro de colorantes de  $26.2 \times 10^{-3}$  kg/ton prod. Sin embargo, el beneficio ambiental más significativo es el ahorro de agua de lavado en 0.3 m<sup>3</sup> /ton prod y de energía en 0.6 kW-h / Ton prod.

### ALTERNATIVA 6

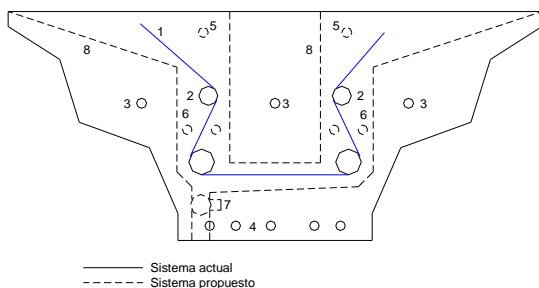
*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener en el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*

## DISMINUCIÓN DEL VOLUMEN DE TRABAJO EN LA CUBA

Consiste en reducir el volumen de material necesario para la ejecución del proceso de teñido en la máquina jigger, manteniendo el principio de operación, incluyendo concentración de los colorantes, la temperatura y tiempos utilizados. En este caso, la modificación del volumen tiene que ser acompañada por un reacomodo de las entradas de agua y la ubicación del intercambiador de vapor.

El objetivo de reducir el volumen de la cuba es eliminar los espacios no útiles para realizar el teñido en donde los insumos no son utilizados adecuadamente. Se propone utilizar una lámina de acero inoxidable que se adapte al volumen cubierto por los cilindros de la máquina, para asegurar de esa forma que el tiempo dentro de la cuba será el mismo y no será necesario hacer cambios en el programa de control de operación, en caso de estar automatizado.

La lámina de acero inoxidable se tendrá que soldar a lo largo de la máquina jigger (Ver figura 9), teniendo en cuenta que solamente se hará por las orillas, se recomienda utilizar dos láminas dobladas para cubrir la longitud total necesaria. La superficie que toca las paredes es de 3.74 m. Se tiene en cuenta dejar un margen de 0.05 m entre los cilindros que llevan la tela y la lámina inoxidable.



**Figura 9** Cuba de jigger con propuestas de cambio

No	Elemento
1	Tela
2	Cilindros de paso
3	Ent. actual de agua
4	Serpentín actual
5	Ent. Propuesta de agua
6	Serpentín propuesto
7	Electroválvula
8	Lamina acero

El volumen de agua necesario para teñir en el nuevo sistema presenta un ahorro que equivale al 47.2% del total de insumos actuales.

Manteniendo constante la relación de colorantes-químicos auxiliares-agua, se puede llegar a tener una relación de ahorro en los colorantes de 2 kg/ton prod y químicos auxiliares de 17 kg/ton prod.

De la misma forma, para el enjuague se requiere menor cantidad de agua de entrada para mantener el ciclo. Se pueden utilizar los mismos tubos de la máquina reacomodados para disminuir la inversión, aquí se obtiene un ahorro de 21 m<sup>3</sup> /ton prod.

El consumo de vapor disminuirá en función del calor necesario para mantener la temperatura a 95° C. Con la nueva masa resulta una reducción del 24%. Utilizando tubos de acero IPS de 1" de diámetro y 2 m de largo, se tendrían que utilizar 4 de ellos distribuidos en el área de contacto con la solución, teniendo una reducción en el consumo de 174 kg vapor/ ton prod.

*Es importante dimensionar adecuadamente las cubas y demás depósitos donde se realizan procesos, para evitar así el desperdicio de insumos, especialmente agua y vapor.*

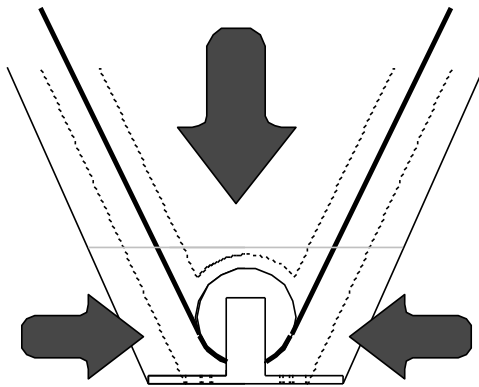
## PROCESO DE RESINADO

### ALTERNATIVA 7 DISMINUIR TAMAÑO DE CUBA

El proceso de resinado, en el cual el genero es impregnado con ciertos compuestos que le proporcionan propiedades tales como suavidad, cuerpo, etc.; se lleva a cabo sumergiendo el genero en dos cubas, llenas con estas resinas. Como siempre queda un pequeño espacio

entre el fondo de la cuba y el genero, existe un desperdicio, la alternativa consiste sencillamente en reducir ese espacio para evitar esas perdidas. En una cuba no fue necesario el cambio de forma, y las modificaciones básicamente consistieron en mover las paredes. En la segunda cuba si se necesito de hacer un nuevo diseño. Para ambas cubas se diseño una pieza que colocada por encima de la cuba, le resta volumen al sobrante cuando se deposita mas resinas de las que se utilizan y al final el nivel de estas queda arriba del cilindro que obliga al genero a bajar al fondo de la cuba.

*Quando se utiliza una máquina en una función para la cual no fue originalmente diseñada, se debe verificar su eficiencia, porque puede que este utilizando más insumos de los necesarios*

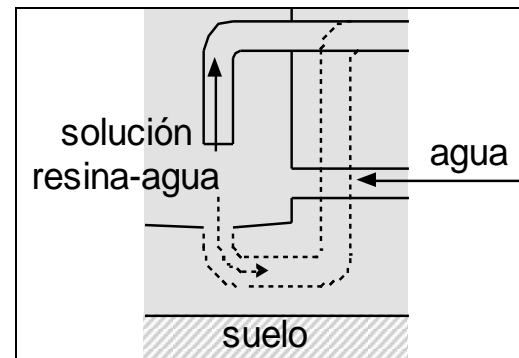


**Figura 10.** Área para ajuste volumen

Como el área abierta es menor, se diseño una entrada lateral en forma de embudo por donde agregar las resinas. El lector puede observar las áreas donde se recorto volumen en la figura 10. Existe la posibilidad de realizar esta alternativa en toda aquella cuba en la cual se remoje el genero en algún líquido, en las operaciones de lavado, muy posiblemente sea mas limitada la posibilidad de aplicar esta alternativa, debido a la necesidad de contar con suficiente agua para realizar la operación en la forma deseada, pero en un caso similar a este se pueden alcanzar muy buenos resultados.

## MODIFICACIÓN EN EL DEPÓSITO MEZCLADOR

En el mismo principio anterior se enmarca esta propuesta. El depósito que sirve para mezclar los diferentes compuestos que forman las resinas, posee un sobredimensionamiento, en el sentido de que la bomba no alcanza a succionar todo el material que se ha preparado. Este sobrante queda para otro proceso, pero como el resinado no es u proceso de 24 horas; al final siempre sobra una cantidad de aproximadamente 0.2 m<sup>3</sup>, como la solución preparada tiende a plastificarse rápidamente este sobrante se pierde. Luego de examinar probables soluciones se determino que la mejor alternativa era cambiar de lugar la entrada a la tubería de entrada de la bomba, actualmente se encuentra a un costado del depósito; como se puede



**Figura11.** Modificación en depósito

apreciar en la figura 11 pasaría al piso del mismo. Un pequeño desnivel aseguraría que toda la solución saliera del depósito.

Esta alternativa es sencilla y su particularidad es que aunque en volumen la disminución en el desperdicio no parece importante, el capital que la empresa deja de botar no es nada despreciable, ya que las resinas son una materia prima muy costosa.

## INSPECCIÓN DE CALIDAD

### ALTERNATIVA 9 CAMBIO DE LA MEDIDA DE SEÑALIZACIÓN DE CADA PIEZA

En la inspección el cambio de la medida de señalización de cada pieza indica un cambio de procedimiento. La señalización de cada pieza es utilizada para colocar un código y el yardaje de la misma, en caso de algún reclamo la señalización sirve para identificar la pieza y para la respectiva comprobación del yardaje cortado. Por motivos de calidad se deja un sobreyardaje a cada pieza en caso de algún reclamo o error en la medición. La tela utilizada para colocar el código de cada pieza disminuirá al reducir el espacio en el cual se coloca dicho código, la señalización de cada pieza deberá de ser de cinco centímetros de alto a todo el ancho de la tela. Durante la inspección, al finalizar el yardaje requerido de cada pieza se realizara el corte a la orilla de la tela, para la señalización se colocará primero el yardaje y después el código.

Cada pieza tiene un promedio de 58 yardas. Actualmente se utilizan 18 centímetros para colocar el código a cada pieza, lo que representa 0.197 yardas de cada pieza; el consumo anual de tela es de 5,288,962.8 yardas, al minimizar la cantidad de espacio utilizado para colocar el código.

Con el consumo anual de tela en yardas y el yardaje por pieza, se obtiene el número de piezas anuales, en este caso son 5,288,962.8 yardas y un promedio de 58 yardas por pieza, lo que da 91,189 piezas al año. Del número de piezas anuales y la cantidad utilizada para el código en yardas, se obtienen las yardas desperdiciadas anualmente en la señalización, actualmente con los 18 centímetros se pierden 17,964.23 yardas, con los 5 centímetros se desperdician 5,015.40 yardas. Se

obtiene que se desperdicia un promedio de 12,948.83 yardas anuales que podrían venderse.

Por el hecho de ser la alternativa un cambio de procedimiento, no altera de ninguna forma el desempeño de la operación, por lo que no requiere de ningún tipo de inversión y costos operativos extras.

## PÉRDIDAS DE CALOR

### ALTERNATIVA 10 AISLAMIENTO DE TUBERÍAS DESCUBIERTAS

Se consideran las pérdidas de calor por tuberías no aisladas dentro de la planta en los diferentes procesos. Para eliminar las pérdidas de calor se recomienda utilizar fibra cerámica aislante para las tuberías descubiertas. La fibra cerámica es liviana, flexible y se adapta a operaciones con temperaturas de 1,230 ° C, es indicado tanto para elevadas temperaturas como bajas temperaturas y tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0.7 W/m °C. Su composición química es la siguiente, silicio SiO<sub>2</sub> (49.1%), aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50.2%), óxido de hierro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.2%), calcio CaO (0.1%), magnesio MgO (0.1%), titanio TiO<sub>2</sub> (0.1%), alcalis Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (0.2%). Cada pieza tiene una pulgada de espesor, dos pulgadas de ancho y 25 pies de largo.

Con el uso de la fibra cerámica aislante, considerando la cantidad de tuberías descubiertas y el diámetro de las mismas, la pérdida de vapor se reduce en 771,425.14 kg de vapor al año. Así mismo la reducción del consumo de vapor contribuye a disminuir cierta cantidad de petróleo desperdiciada y así mismo el combustible. Lo que involucra una reducción en la quema de combustible el cual produce emisiones de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. La masa del combustible recurre en la obtención de la masa de

los contaminantes que no se emitirán. El aislamiento de las tuberías ahorra 49,180.9 galones de petróleo que equivalen a 191.93 toneladas de combustible al año.

## **ALMACENAJE, SALUD Y MATERIALES**                      **SEGURIDAD, MANEJO DE**

### **ALTERNATIVA 11 CAMBIO DE UTILIZACIÓN EN LOS INSTRUMENTOS**

Actualmente para retirar los colorantes de sus recipientes antes de pesarlos, se utiliza un depósito, en el cual una parte del colorante queda adherida al mismo, el recipiente posteriormente es colocado en una repisa donde el colorante adherido se desprende y pierde en el ambiente.

Se recomienda utilizar cucharones para pesar los diferentes colorantes. Cada colorante debe tener un cucharón para colocar la cantidad necesaria en el depósito donde este se va a pesar.

Cada cucharón deberá permanecer dentro del recipiente del color que le corresponda, para minimizar el desperdicio de colorante.

La reducción en el consumo se obtiene mediante una comparación de la cantidad de colorante que se compra y la cantidad de tela que se tiñe anualmente con dichos colorantes, con la cantidad de colorante anual que se pierde en el ambiente, que puede ser utilizado en el proceso, resultando un menor consumo anual del colorante.

Para determinar el beneficio económico es necesario primero conocer la cantidad de colorante que actualmente se pierde en el ambiente, por lo cual se debe realizar la siguiente secuencia de pasos:

1. Pesarse los depósitos completamente limpios utilizados para retirar colorante.

2. Pesarse una porción de plástico con las dimensiones necesarias para cubrir la repisa donde se colocan los depósitos utilizados para pesar el colorante.

3. Colocar un plástico en la repisa donde se colocan los depósitos con los que se retira el mismo antes de ser pesado.

4. Al final de día pesarse los depósitos con el colorante adherido y el plástico colocado en la repisa con el colorante derramado.

5. Al final del día pesarse el depósito limpio sin ninguna partícula de colorante.

6. Con la cantidad de colorante que se pierde diario y el número de días trabajados al año, se obtiene el colorante que se pierde anualmente.

7. Con el precio del colorante y la cantidad perdida anualmente de colorante, se obtiene el beneficio del colorante que se dejaría de perder, el cual se utilizaría en el proceso.

### **ALTERNATIVA 12 UTILIZACIÓN DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

La utilización del equipo de protección personal es importante, las mascarillas son un factor importante para las vías respiratorias en la bodega de materia prima donde se encuentran almacenados todos los colorantes.

El método más eficaz para obtener buenos resultados en la higiene y seguridad industrial, es realizar un reconocimiento de la importancia de la responsabilidad del empleador de garantizar que el lugar de trabajo sea seguro y no presente riesgos para la salud de los trabajadores, además de la adopción de una política de seguridad e higiene en la empresa; y el estímulo de una amplia participación de los trabajadores en las actividades de seguridad e higiene en el lugar de trabajo. Los trabajadores deben estar informados de la índole de los riesgos

profesionales a que pueden estar expuestos. La inhalación constante de colorantes representa una alta probabilidad de problemas respiratorios que con el transcurso del tiempo pueden terminar en enfermedades profesionales, conocidas como afecciones agudas o críticas que pueden ser víctima los obreros como consecuencia del ejercicio habitual de una profesión, por la manipulación de los materiales empleados o por la fluencia de las condiciones y procedimientos de la empresa, con necesidad de incapacidad.

A la entrada de la bodega de materia prima de colorantes debe haber un lugar para colocar por lo menos 5 mascarillas, así cada persona que ingrese a la bodega deberá utilizar obligatoriamente una mascarilla.

El beneficio directo que percibe la empresa, estriba en la reducción de permisos al seguro otorgados a los empleados, así como también incapacidades pagadas por la empresa, indemnizaciones y ausentismos por enfermedades. Una enfermedad profesional a largo plazo incurre en incapacidades, estas dependen de la gravedad del mismo, y se clasifican en tres: La incapacidad temporal representa la pérdida o disminución de las facultades de la víctima que le impide desempeñar su trabajo por algún tiempo. La incapacidad parcial, es la disminución de las facultades o actitudes de la víctima para desarrollar su trabajo para el resto de vida. La incapacidad permanente total, es la pérdida absoluta de facultades o actividades que imposibilita a un individuo para desempeñar cualquier trabajo para el resto de su vida.

Entre los costes contabilizables más comunes, se tiene: El importe del complemento (hasta el 100%) que en algunas empresas se abona al lesionado durante el período de baja, y que es la diferencia entre el salario

real y la prestación del seguro. Importe de la diferencia entre el salario percibido por el lesionado antes del accidente, encuadrado en una categoría superior y el correspondiente al trabajo de categoría inferior que pudiera ocupar al reintegrarse debido a la incapacidad resultante manteniendo el salario antiguo. Importe de la diferencia entre el salario mínimo garantizado en trabajos y el debido a su rendimiento real. Costes adicionales del período de aprendizaje de los trabajadores nuevos que sustituyen al lesionado, en caso de no integrarse este.

### ALTERNATIVA 13 ELIMINAR EL CONTACTO DE LAS EXTENSIONES CON EL AGUA

Durante todo el proceso de acabado se utilizan máquinas para unir una pieza con la otra, las extensiones de las mismas se encuentran sobre el suelo, en peligro de entrar en contacto con el agua derramada de las diferentes operaciones. Esta es considerada una condición insegura, estas se derivan del medio en que los trabajadores realizan sus labores, y se refiere al grado de inseguridad que pueden tener las empresas, la maquinaria, los equipos y los puntos de operación, que pueden eliminadas o corregidas. Por lo que se considera la utilización ya sea cables o alambres asegurados en el techo que sostengan las extensiones para que estas no entren en contacto con el agua.

Se puede evitar un cortocircuito, que a su vez podría ocasionar un incendio en la fábrica, resultando grandes pérdidas tanto económicas como humanas dentro de la fábrica. Se hace referencia a la probabilidad de eliminar accidentes potenciales como incendios provocados por cortocircuitos, que lleven a pérdidas o daños dentro de la empresa, incurriendo en costes por accidentes hasta incapacidades e indemnizaciones.

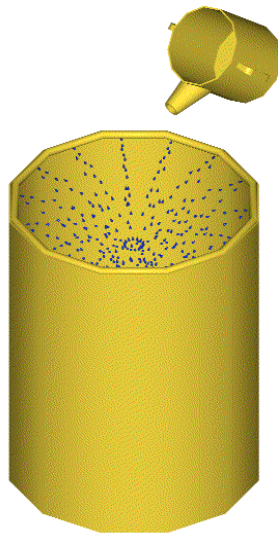
## ENGOMADO DE LONA

### ALTERNATIVA 14 MEJORA DEL PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LA GOMA

Preparar la solución directamente en el tanque de la goma, ingresando la goma en recipientes con medida exacta y colocando un aspersor en la parte superior de tanque para evitar el retorno de la goma en polvo y colocar además un indicador de nivel de agua en el tanque.

El mal manejo de materiales puede generar pérdidas de goma en polvo del 3%, generados especialmente en el llenado del depósito intermedio por recipientes de gran tamaño.

*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener en el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*



**Figura 12.** Llenado de tanque

Para evitar la pérdida de almidón en polvo, se recomiendan tres mejoras en las fases de manejo, que se complementan entre ellas:

1. Colocar toda la materia prima en un tanque principal de 1 Ton, que posea una salida en la parte inferior por medio de una válvula para polvos y una tapa en la parte superior. Con estas condiciones se puede asegurar la primera entrada – primera salida.

2. Utilizar un recipiente de manejo de almidón en polvo especial, que

posea una graduación interna, que evitará tener que pesar el almidón por proceso. Además, tendría que poseer una salida alterna en forma de embudo, que obligue al operario a descargar lentamente el almidón sobre el tanque de preparación, minimizando las pérdidas por aire.

3. Para complementar la descarga al recipiente, se recomienda que el tanque de preparación sea modificado con un tubo circular colocado en la parte superior, donde orificios a los costados y una entrada de agua interna provocará que funcione como aspersor. Este funcionará solamente mientras se descarga el almidón, tal como se muestra en la figura 12. El motivo es que las gotas de agua de la superficie empujen hacia el interior las partículas de goma que podrían mantenerse suspendidas en el aire, evitando las pérdidas y mezclando mejor la solución.

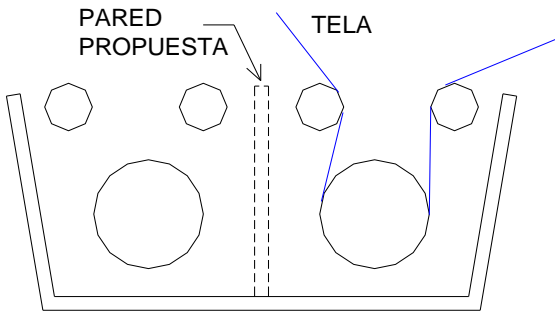
En conjunto estos procedimientos generarían un ahorro de 3.2 kg almidón/ton prod.

### ALTERNATIVA 15 REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LA CUBA

Ajustar el tamaño de la cuba a las necesidades reales de almidón por producto

Existen casos en los que se mantienen arreglos de cilindros para las cubas, aunque estos ya no se utilicen, lo que genera que el engomante acomodado en esa zona no se consuma.

La propuesta es colocar una pared que separe los compartimentos, tal como se muestra en la figura 13, que pueden llegar a implicar una disminución directa de 0.21 m<sup>3</sup> de solución para el proceso, que en algunos casos equivale al 14% del total.



**Figura 13.** Disminución del volumen de la cuba

En este sentido, el ahorro de materiales sería de:

Almidón = 15.0 kg almidón/ton prod.

Agua = 0.62 m<sup>3</sup>/ton prod

Vapor = 235.0 kg vapor / ton prod

Para aprovechar el material disponible para la modificación en una empresa, se recomienda utilizar la pared externa de la cuba que ya no se utilizará para el centro. Que es lo que hace sumamente viable esta propuesta, porque prácticamente no trae consigo grandes costos adicionales.

## ENCERADO DE LONA

### ALTERNATIVA 16 OBTENER RELACIÓN DE PESO DE CERA CON LA LONA

Obtener el índice de consumo de materia prima por producto a ser procesado, para conocer la cantidad de solución a preparar.

El procedimiento que puede encontrarse en ciertas empresas consiste en preparar la cera un día antes de introducir la tela, elaborando solución a la mayor capacidad de los tanques de preparación. Sin embargo, el tamaño del lote de lona a procesar no se conoce hasta el día de procesamiento, lo que impide saber cuanto material realmente será necesario. Esto constantemente lleva a dos casos:

1. Hacer más cera de la necesaria: Implica que la cera procesada no es utilizada y se pierdan costos por mano de obra y energía de preparación. Llega a representar el 70% de los casos.

2. La cera no es suficiente: Cuando la cera no es suficiente para todo el producto, se tiene que detener el proceso antes de que ingrese la última pieza para que no se dañe, pues con el volumen residual, no alcanza a procesarse totalmente. En este caso, la pérdida proviene de la cera preparada y de la lona requerida sin procesar.

Es en la última pieza del proceso cuando se llega a la etapa crítica, dado por el desbalance de materiales. Sin embargo, en las primeras piezas se puede obtener el comportamiento de absorción de lona, obtenido de la relación entre la absorción de cera y la masa final de 0.45 kg cera/kg prod.

Aunque con el índice de consumo se pueden eliminar los residuos de material en el proceso (0.98 ton solución por el primer caso y 1.68 ton por el segundo), no podrá hacerse si la empresa no tiene un sistema de programación y llegue a conocer de antemano la producción del día para poder preparar la cantidad exacta de solución.

Tomando la capacidad máxima de producción de solución en 3.76 ton por lote, los índices de consumo de energía son 53.0 kW-h/ton para el calentamiento y 10.2 kW-h/ton para el batido de la cera.

Para preparar 3.76 ton de solución, se necesitan 2 trabajadores por 3 horas, que equivalen a 1.6 h-h/ton ó 492.5 h-h anuales.

### ALTERNATIVA 17 UTILIZAR 2 EJES POR MOTOR

Utilizar un motor para controlar ambos ejes del batido en los tanques

*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener en el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*

*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener en el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*

El proceso de preparación tiene dos tanques para la solución. Aunque esta uno al lado del otro, cada uno tiene de forma independientemente su sistema de calentamiento y de batido, que provoca un gasto doble en la preparación de la solución. Si bien, el sistema de calefacción no se podría compartir, si se puede hacer para el sistema de batido.

Si los motores de batido están sobredimensionados en más de la mitad. Se puede concluir que uno de ellos es suficiente para manejar la fuerza de trabajo necesaria para el proceso, que ahorraría el consumo por arranque de motor (100 anuales).

Lo que se tendría que agregar para que funcione la propuesta son dos ruedas dentadas en cada eje, una cadena y un tensor.

## PROCESO DE TEÑIDO EN JIGGER

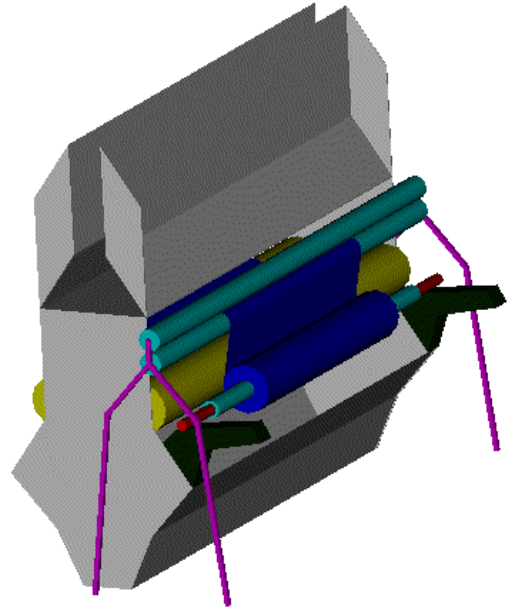
### ALTERNATIVA 18 COLOCAR EXPRIMIDOR A LA SALIDA DE LA JIGGER

Colocar el exprimidor para disminuir el grado de humedad de la tela, que facilita el secado posterior en los cilindros.

En el procedimiento establecido, para extraer la tela teñida de la máquina se hace girar un eje de madera a la salida para recolectar la tela teñida y después trasladarla a un secador de cilindros. En esta etapa la tela aún lleva agua absorbida y agua de arrastre. En los cilindros, la tela es pasada dos veces por los cilindros, pues en la primera pasada, la tela no termina la suficientemente seca por la cantidad de humedad presentada en la tela.

Lo que se propone es colocar un pequeño exprimidor portátil en la parte superior de la jigger (ver figura 14), que sirva para quitar el exceso de agua de arrastre y absorbida por la

tela y con ello evitar el segundo paso por la secadora de cilindros.



**Figura 14.** Exprimidor de salida

El exprimidor no puede colocarse directamente sobre la máquina, porque eso provoca problemas de roce con el producto, se recomienda utilizar una base móvil para colocarla al costado. La ventaja de esto, es que solamente se necesita un exprimidor para los casos en los que exista más de uno en una empresa.

Esta alternativa se puede utilizar tanto para el teñido de lona, como de franela, puesto que ambos presentan el mismo problema en el secado en los cilindros.

Conociendo el tiempo que tarda un paso por los cilindros (25 min) y el consumo de vapor (122.3 kg/min), se sabe que el ahorro por lote sería de 3.1 ton de vapor por lote. Junto con este, se reduciría el consumo de petróleo en 0.24 kg/lote.

## PROCESO DE PLASTIFICADO

ALTERNATIVA 19  
 FÓRMULA EXACTA PARA  
 ELABORAR SOLUCIÓN  
 PLASTIFICADORA

Se introdujo un aumento del 2% a las cantidades de materias primas; además de un redondeo hacia arriba, esto para tomar en cuenta errores y las pérdidas mínimas que siempre ocurren en el traslado de materiales.

Materialmente la alternativa

yds.	MATERIAS PRIMAS					Total práctico (kg)
	#1 (kg)	#2 (cubetas)	#3 (litros)	#4 (kg)	#5 (kg)	
200	81.8	3.4	2.0	1.3	0.9	161.87
270	110.4	4.5	2.8	1.8	1.2	217.42
320	130.9	5.3	3.3	2.1	1.5	257.51
360	147.2	5.9	3.7	2.4	1.6	288.64
450	184.0	7.4	4.6	3.0	2.0	361.69

**Tabla 7.** Extracto de tabla diseñada para utilizar la materia prima necesarias

En la preparación de la solución plastificadora, se emplean unidades de medida que no poseen la suficiente precisión, por lo que siempre se prepara más cantidad de la que es necesaria.

Para resolver el problema se modifican ligeramente las unidades de medida, brindándoles más precisión. Una de ellas es una cubeta, se recomienda dotarla de una regla graduada dividiendo la cubeta en 10 partes, lo mismo sucede con los litros, y los kilogramos antes medidos enteros, se les recomienda una precisión de 0.1.

Para ser consecuentes con lo anterior es necesita una tabla en la cual se muestren las cantidades necesarias de cada materia prima de acuerdo a la longitud del género a plastificar.

De esta se muestra solo un resumen en la figura 7, la tabla completa debe estar a la vista de los empleados y estos deben de ser capacitados para poder trabajar con ella. Los cálculos para obtener los números que se ven en la tabla se realizaron en base a los resultados del balance de materia, en donde se determinó la cantidad de plastificado que se deposita por cada yarda de género.

requiere de pocos recursos, por lo que la mayor parte de la inversión inicial se refiere al tiempo que los obreros estarán capacitándose. Debido a que las materias primas para el plastificado son costosas esta alternativa tiene un período de retorno casi inmediato, y un buen monto en beneficio ambiental.

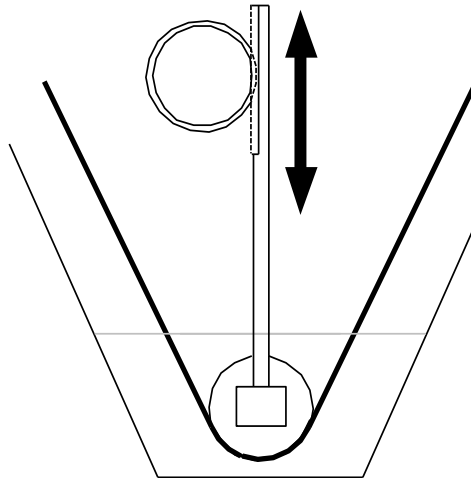
## ALTERNATIVA 20 ELIMINACIÓN DEL PLASTIFICADO INNECESARIO

Como una gran parte de máquinas en este medio, la plastificadora funciona al sumergir el género en una cuba para que sea impregnado por la solución plastificadora, el género debe de recorrer toda la máquina ya que luego de salir de la cuba es horneado para que se le fije el plástico, por este motivo debe de estar cosido a una tela guía; cuando el proceso esta por terminar al mismo tiempo que la parte final del género se calienta, la tela guía se esta impregnando de solución plastificadora. Para evitar eso se diseñaron modificaciones en la máquina de tal manera que se pueda sacar de la cuba la tela guía, inmediatamente después de que haya pasado lo que se quiere plastificar.

*Una fuente recurrente de pérdidas en la industria se debe a las materias primas procesadas y no utilizadas, para evitar eso se recomienda un monitoreo constante de las necesidades y una adecuada planificación del trabajo*

En la figura 15 se puede observar las modificaciones propuestas, como complemento una espátula se desliza a lo largo del cilindro para hacer caer a la cuba la solución que va quedado por sobre el cilindro.

Esta alternativa es la más complicada, pero a pesar que las modificaciones no son sencillas, vale la pena debido al alto costo de las materias primas plastificantes.



**Figura15.** Mecanismo para evitar plastificado de la tela gruía

## TEÑIDO DE HILOS

### ALTERNATIVA 21 UTILIZACIÓN DE UN DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

Actualmente el operario encargado de teñido de hilos se encarga de ver dos máquinas al mismo tiempo, al colocar el colorante y los químicos auxiliares en una máquina descuida el otro proceso e incurre en consumos extras de agua y vapor porque que la autoclave rebalsa. Para mantener la temperatura mientras se encuentra con la otra máquina, solo abre la válvula de vapor cuando la temperatura comienza a bajar.

Utilizar un diagrama hombre máquina para redistribuir el tiempo de teñido, equilibrando las actividades del operario para cada máquina, según la escala de tiempos común

para mostrar la correlación entre ellas. El diagrama expone las operaciones ejecutadas simultáneamente por un operario y por una o varias máquinas. Estas actividades son utilizadas para aprovechar mejor el tiempo tanto de los operarios como de la maquinaria, especialmente cuando un operario debe atender dos o más máquinas. Disminuyendo así el tiempo improductivo de las máquinas.

Con el diagrama de operaciones simultáneas el operario se encontrará capacitado de realizar los dos teñidos. El segundo teñido comenzará 40 minutos después para que el operario tenga tiempo suficiente para elaborar el colorante y los químicos auxiliares antes de comenzar el proceso, así no habrá tiempo muerto ni descuidará el proceso comenzado.

## PÉRDIDAS DE CALOR

### ALTERNATIVA 22 AISLAMIENTO DE TUBERÍAS DESCUBIERTAS

La utilización de la fibra cerámica aislante para tuberías descubiertas, minimiza el calor perdido.

Actualmente se pierden 56,941.99 kJ/h de calor por tuberías descubiertas, y tomando en consideración que se trabajan 1,600 horas al año, representa una pérdida anual de 91,107,184 kJ.

Utilizando el aislante de fibra cerámica en las tuberías no aisladas, se pierde 13,891.46 kJ/h, lo que constituye 22,226,336 kJ al año, por lo que la pérdida de calor se reduce en 68,880,848 kJ anualmente.

El vapor perdido actualmente es de 1,061.91 kg por hora, es decir 1,699,063.51 kg de vapor al año. Con la fibra cerámica aislante la pérdida de vapor se reduce a 259.06 kg/h, lo que representa 414,500.31 kg de vapor al año. Minimizando la pérdida en 1,284,563.2 kg al año.

La reducción en el consumo de vapor

anual, permite eliminar la cantidad de petróleo desperdiciada y así mismo el combustible, la quema del combustible incurre emisiones de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. La masa del combustible recurre en la obtención de la masa de los contaminantes que no se emitirán. El aislamiento de las tuberías ahorra 24,855.95 galones de petróleo que equivalen a 97 toneladas de combustible al año.

## CONCLUSIONES

- Para desarrollar Producción Más Limpia en las empresas, es importante comenzar el estudio en el área de calderas, pues el vapor es el elemento crítico en el proceso. Mejorando la eficiencia de descarga y el aislamiento de las tuberías y control del retorno del vapor.
- El uso frecuente de cubas para la impregnación de soluciones a la tela, permite afirmar que si no se quiere hacer una inversión fuerte en el cambio de proceso, para adquirir nueva tecnología, una alternativa de fácil implementación es la reducción de su volumen, que permite la constancia del proceso, disminuyendo al mismo tiempo el consumo de agua, vapor y sustancias especiales de alto costo como colorantes, resinas, almidones, etc.
- Antes de la implementación de PML en las empresas, si no existe, se debe de crear un control insumos mensuales, para que el flujo de la información sea más ágil y se desarrolle más eficientemente el balance de materia, la evaluación del beneficio y se pueda tener un control al implementar la alternativa que refleje los cambios obtenidos en cada proceso.
- Los resultados del diagnóstico muestran que los materiales dentro de la planta y las materias primas

dentro de la bodega son transportadas en forma manual en la mayoría de las plantas, lo que provoca desperdicios, apreciándose una posible oportunidad para emplear nuevas tecnologías en este campo.

- Los resultados del diagnóstico muestran una clara tendencia, la cual consiste en diferenciar dos grupos en la industria. El primero, que representa aproximadamente el 60%, es más tecnificado, con capacidad de exportación y de tratamiento de sus desechos, además de otras características que lo hacen más competitivo ante la globalización. El segundo, que corresponde aproximadamente al 40%, posee en un menor grado las anteriores particularidades, lo que resulta en una menor competitividad.

## RECOMENDACIONES

- Dar un seguimiento a las alternativas propuestas, para definir el verdadero valor de cada una.
- El costo del cambio de procedimientos puede llevar a pérdidas por mantener el proceso estancado, por lo que en algunas ocasiones se tiene que esperar al tiempo de mantenimiento anual.
- Tomar en cuenta, que las alternativas propuestas están diseñadas para una empresa específica. Por lo que la aplicación en otra, podría tener ciertas modificaciones en la inversión y el beneficio. Aunque, debería ser en muy pequeña proporción.
- Aunque la implementación se puede realizar totalmente por personal de la empresa, es aconsejable que una persona capacitada externa se una al proyecto, para poder dar un enfoque más amplio de las situaciones de la empresa.

## GLOSARIO

**Agua Residual:** Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor.

**Agua Residual de tipo Especial:** Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario.

**Apresto:** Es una solución engomante que se aplica a la fibra para darle mayor resistencia al hilo.

**Blanqueado:** Proceso mediante el cual se decoloran los tejidos con cloro, hipoclorito o peróxido para aumentar su grado de blancura.

**Canillas:** Carrete de la lanzadora en donde se enrolla el hilo. Es la trama que nos da el ancho del tejido

**Caudal:** Volumen de agua por unidad de tiempo.

**Chamuscado:** En este proceso se expone la tela a las llamas y se quema lo que el tundido a dejado.

**DBO** (Demanda bioquímica de oxígeno): Es una prueba que sirve para medir la cantidad de oxígeno utilizada en la oxidación bioquímica orgánica en un tiempo dado a una temperatura determinada. Es la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica de la materia contenida en un líquido.

**DQO** (Demanda química de oxígeno): Es la cantidad de oxígeno que se requiere para que se produzca la oxidación química de las sustancias orgánicas contenidas en el líquido.

**Eco-eficiencia:** Se refiere a la optimización de los procesos, mediante la reducción de la contaminación en la fuente.

**Efluentes:** Es un término genérico que designa a cualquier fluido arrojado por una fuente. Son las diversas soluciones líquidas sin valor que se dejan fluir como desecho de

talleres chapeado, tanques de decapado, etc.

**Fenoles:** Son aquellos compuestos que tienen un anillo aromático enlazado a una molécula OH.

**Gases nocivos:** Son los gases que se han comprobado que producen efectos dañinos en los seres humanos.

**Género:** Nombre con el cual se les conoce a las distintas variedades de artículos tejidos tales como telas, lonas, franelas, etc.

**Manuar:** Máquina compuesta por una serie de rodillos los cuales halan las fibras de algodón. Este proceso de halar las fibras se conoce como estiraje y el objeto principal es paralelizar las fibras y ordenarlas.

**Medio Receptor:** Todo sitio, río, quebrada, lago, laguna, manantial, embalse, mar y otros previamente autorizados, donde se vierten aguas residuales, excluyendo el sistema de alcantarillados.

**Mercerizado:** Este proceso consiste en pasar el tejido a través de una solución fría de sosa cáustica con una concentración de un 10%- 30%.

**Metales pesados:** Es un nombre genérico dada a los iones de elementos metálicos, tales como cobre, zinc, hierro, cromo y aluminio.

**Muestras compuestas:** Dos o más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo.

**Muestra simple:** Aquélla tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

**OD** (oxígeno disuelto): Es el oxígeno disuelto en aguas residuales, agua u otro líquido normalmente expresado en partes por millón o porcentaje de saturación.

**Partículas de materia en suspensión:** Es la distribución no

uniforme de un sólido en el seno de un líquido sin que aquél parezca completamente disuelto en el medio de dispersión.

**pH:** Es un símbolo que representa el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en una solución.

**Reciclaje:** Aprovechamiento del agua residual, tratada o no, dentro del espacio confinado en que ha sido generada.

**Reuso:** Aprovechamiento de un efluente antes o en vez de su vertido

**Sistema de Tratamiento:** conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, que se aplican al agua residual para mejorar su calidad.

**Sólidos totales:** Es la cantidad total de sólidos en disolución o en suspensión contenida en las aguas residuales.

**Tela cruda:** es aquella que no ha sido sometida a un proceso de acabado.

**Termofijado:** Es el proceso mediante el cual se da estabilidad dimensional a la tela, confiriéndole de mayor resistencia a las arrugas.

**Teñido:** Proceso mediante el cual se impregna de pigmentos a la tela, para que adquiera el color deseado.

**Tundido:** Este proceso consiste en quitar la mota y pelillos que traen los telares.

**Urdido:** El objetivo es preparar la urdimbre para conseguir reunir sobre un plegador todos los hilos que han de formar la urdimbre del tejido con el orden pre-establecida de acuerdo con el ligamento.

**Urdimbre:** Es el hilo que corre en sentido longitudinal en la tela tejida, esta fuertemente torcido formando fibras más largas y resistentes.

**Wipe:** Trapo compuestos de hilos gruesos y absorbentes.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDA, Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados; "Proyecto GOES AID No 519-0303. Base de datos de vertidos industriales y municipales en el manejo de aguas", 1990.

ASI, Asociación Salvadoreña de Industriales; "Directorio industrial", 2002

CALDERÓN, José; "Cogeneración de vapor mediante el aprovechamiento de los gases de escape de un motor de combustión interna para la industria de barcos pesqueros"; 2002.

ÇENGEL, Yunus A.; Termodinámica; Tomo I; 2° edición; Editorial McGraw-Hill; 1996

CHAVEZ, Francisco; CAÑAS, Carlos; "Situación ambiental de la industria en El Salvador", Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"; 1999

CNPML, Centro Nacional de Producción Más Limpia; "Metodología de trabajo del CNPML de El Salvador", 2002

CRUZ ORTIZ, J.C.; "Contaminación de la cuenca del río Acelhuate y sus efectos sobre la población en el área metropolitana de San Salvador", 2000.

CONACYT; "Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Norma Salvadoreña Recomendada 13.07.03:02", 2002.

DIGESTYC, Dirección general de estadística y censos; "V censo nacional", 1992

DIGESTYC, Dirección general de estadística y censos; "Encuesta económica de El Salvador", 2001

*El teñido es el proceso más complejo dentro de las textileras húmedas, por todas las variaciones que puede tener en el tipo de tela, material, colorante y tipo de proceso*

- EPA, Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry; 1996
- FREEMAN, Harry; "Manual de prevención de la contaminación industrial", editorial Mc Graw-Hil, 1998.
- FREUND, John/ Manning Smith, Richard. Estadística 4ª edición Prentice Hall 1989
- Fundación natura; "Potencial impacto ambiental de las industrias en el Ecuador", 1991.
- GUARDADO LAZO; "Reactivación de la industria textil de El Salvador y sus consecuentes beneficios socio-económicos", Universidad de El Salvador, 1983.
- GRIMALDI, John V., SIMONDS, Rollin H., "La Seguridad Industrial, su administración", Segunda Edición, Ediciones Alfaomega, 1991.
- HAAR, Lester. Steam Tables, Hemisphere Publising Corporation; 1984 U.S.A.
- HAGLER bailly consulting, Inc. 1995, Prevención de la contaminación en la industria textil, Perú
- HERNÁNDEZ, Víctor; "Diseño de un manual de técnicas de ingeniería industrial orientado a la capacitación de los miembros de los círculos de calidad en la textilera San Andrés", Universidad Tecnológica, 1990.
- KERN, Donald Q.; Procesos de transferencia de calor; Compañía continental S.A. de C.V.; México; 1997
- LCRJB, Liceo Cristiano Reverendo Juan Bueno San Benito; "Contaminación del río Acelhuate por desechos industriales", 1997.
- LMA, Ley del medio ambiente, Reglamento especial, Decreto N° 39, 1998
- MARN, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Renovables; "Evaluación del impacto ambiental, permiso de auditoria ambiental", 2002.
- MARN, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Renovables; "Informe Nacional. Estado del Medio Ambiente", 2000
- MARN, Referencia: Control de la Contaminación, Ministerio del Medio Ambiente política ambiental; 2002
- MÁRQUEZ, Manuel; Combustión y quemadores; Marcombo, S.A. 1989.
- MATAIX, Claudio; Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas; Harper & Row Publishers Inc.1970.
- OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, "Introducción al Estudio del Trabajo", México, Editorial Limusa, 4ta. Edición, 2001.
- PNUMA/IMA; "Manual de producción más limpia", LU 3, 1999
- RESNICK-HALLIDAY; Física; Volumen I; 4° edición; Editorial CECSA; 1996
- RODELLAR LISA, Adolfo., "Seguridad e Higiene en el trabajo", Editorial Marcombo, 1988.
- RUBIO; "Evaluación de ecosistemas acuáticos contaminados"; 1993
- World Bank; "Pollution Prevention Assessment Handbook: Textiles Industry", 1993.

## CONCLUSIONES

- La generación de opciones de PML por naturaleza antecede al tratamiento de los desechos, logrando así la mayor cantidad de beneficios económicos posibles (debido al ahorro de materiales), y minimizando el monto de gastos sin amortización, (que representa la planta de tratamiento).
- La PML no es un instrumento cuya utilidad es exclusivamente ambiental, y que para la compañía trae solamente seguridad jurídica; sino que es un poderoso elemento para mejorar la eficiencia de los procesos, entregando competitividad a la empresa.
- En la industria textil salvadoreña se perciben ciertas deficiencias, acerca del conocimiento en temas ambientales, conceptos como PML y política ambiental no están claros; según se pudo comprobar en el diagnóstico y a lo largo de la realización del proyecto.
- Generalmente las alternativas de PML no tienen porque ser complicadas, ni necesitan siempre de una elevada inversión y la mayoría tienen períodos cortos de recuperación. Esto se comprueba considerando las alternativas propuestas

## RECOMENDACIONES

- Sería recomendable que las ONG's involucradas en la cuestión ambiental y el gobierno de la república a través del MARN, se involucren en la difusión de los conceptos básicos asociados a un desarrollo sostenible, para que de esta manera los empresarios muestren una actitud más abierta hacia los temas ambientales, y se logre un progreso industrial que no amenace la salud integral de las futuras generaciones.
- La publicación de los resultados exitosos que se puedan generar en la aplicación de la PML es muy importante en la búsqueda de una mayor difusión del concepto y sus beneficios, por lo cual sería sumamente beneficioso que el gobierno de la república estimule la difusión por medio de los mecanismos pertinentes.
- El trabajo a desarrollar en esta área es extenso por lo cual se anima a otros estudiantes u instituciones a continuar el trabajo ya sea aplicando PML en otros sectores o profundizando aún más en el sector textil; para este último planteamiento se sugiere llegar hasta una etapa de implementación.

## GLOSARIO

Aguas Limnias: agua de lago

Agua Residual: Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor. Ellas son de dos tipos: Ordinario y Especial.

Aguas residuales combinadas: Son las aguas residuales que contienen tanto aguas sanitarias como aguas superficiales o de tormenta con o sin residuos industriales.

Agua Residual de tipo Especial: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario.

Agua Residual de tipo Ordinario: Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

Apresto: Es una solución engomante que se aplica a la fibra para darle mayor resistencia al hilo.

Blanqueado: Proceso mediante el cual se decoloran los tejidos con cloro, hipoclorito o peróxido para aumentar su grado de blancura.

Canillas: Carrete de la lanzadora en donde se enrolla el hilo. Es la trama que nos da el ancho del tejido

Caudal: Volumen de agua por unidad de tiempo.

Chamuscado: En este proceso se expone la tela a las llamas y solamente se quema lo que el tundido a dejado.

DBO (Demanda bioquímica de oxígeno): Es una prueba que sirve para medir la cantidad de oxígeno utilizada en la oxidación bioquímica orgánica en un tiempo dado a una temperatura determinada. Es la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica de la materia contenida en un líquido.

DQO (Demanda química de oxígeno): Es la cantidad de oxígeno que se requiere para que se produzca la oxidación química de las sustancias orgánicas contenidas en el líquido.

**Ecoeficiencia:** Se refiere a la optimización de los procesos, mediante la reducción de la contaminación en la fuente.

**Efluentes:** Es un término genérico que designa a cualquier fluido arrojado por una fuente. Son las diversas soluciones líquidas sin valor que se dejan fluir como desecho de talleres chapeado, tanques de decapado, etc.

**Equivalente poblacional:** Descargas industriales expresadas en términos del número de personas que producirían una descarga equivalente de contaminantes.

**Estampado:** Este proceso se lleva a cabo con el fin de dotar a la tela con un dibujo o un diseño de colores.

**Fenoles:** Son aquellos compuestos que tienen un anillo aromático enlazado a una molécula OH.

**Gases nocivos:** Son los gases que se han comprobado que producen efectos dañinos en los seres humanos.

**Genero:** Nombre con el cual se les conoce a las distintas variedades de artículos tejidos tales como telas, lonas, franelas, etc.

**Humo:** Pequeñas partículas transportadas por gas que resultan de una combustión incompleta, consistiendo predominantemente de carbón.

**Manuar:** Máquina compuesta por una serie de rodillos los cuales halan las fibras de algodón. Este proceso de halar las fibras se conoce como estiraje y el objeto principal es paralelizar las fibras y ordenarlas.

**Medio Receptor:** Todo sitio, río, quebrada, lago, laguna, manantial, embalse, mar, estero, manglar, pantano y otros previamente autorizados, donde se vierten aguas residuales, excluyendo el sistema de alcantarillados.

**Mercerizado:** Este proceso consiste en pasar el tejido a través de una solución fría de sosa cáustica con una concentración de un 10% a un 30%.

**Metales pesados:** Es un nombre genérico dada a los iones de elementos metálicos, tales como cobre, zinc, hierro, cromo y aluminio.

**Muestras compuestas:** Dos o más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo.

Muestra simple: Aquélla tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

OD (oxígeno disuelto): Es el oxígeno disuelto en aguas residuales, agua u otro líquido normalmente expresado en partes por millón o porcentaje de saturación.

Partículas de materia en suspensión: Es la distribución no uniforme de un sólido en el seno de un líquido sin que aquél parezca completamente disuelto en el medio de dispersión.

Peeling: Tratamiento que se les da a las telas con el objeto que en un futuro no generen mota.

pH: Es un símbolo que representa el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en una solución.

Polimerizado: Es el proceso en el que los polímeros en forma de cinta se cortan para formar los gránulos de los cuales se obtendrán los hilos sintéticos.

Reciclaje o Recirculación: Aprovechamiento del agua residual, tratada o no, dentro del espacio confinado en que ha sido generada.

Reuso: Aprovechamiento de un efluente antes o en vez de su vertido  
Sistema de Tratamiento: conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, que se aplican al agua residual con el fin de mejorar su calidad.

Sólidos totales: Es la cantidad total de sólidos en disolución o en suspensión contenida en las aguas residuales.

Tecla: Máquina que permite levantar pesos grandes con un menor esfuerzo.  
Tela cruda: es aquella que no ha sido sometida a un proceso de acabado.

Termofijado: Es el proceso mediante el cual se da estabilidad dimensional a la tela, confiriéndole de esta forma mayor resistencia a las arrugas.

Tinturado o teñido: Proceso mediante el cual se impregna de pigmentos a la tela, para que adquiera el color deseado.

Tisaje: Fábrica o sección de industria de carácter textil donde se obtienen el tejido por ligazón de la urdimbre y de la trama en el telar.

Tundido: Este proceso consiste en quitar la mota y pelillos que traen los telares.

Urdido: Operación previa a la del tisaje, el objetivo es preparar la urdimbre para conseguir reunir sobre un plegador todos los hilos que han de formar la urdimbre del tejido con el orden o disposición pre-establecida de acuerdo con el ligamento.

Urdimbre: (hebra o cabo), es el hilo que corre en sentido longitudinal en la tela tejida, es un hilo fuertemente torcido formando fibras más largas y resistentes.

Wipe: Trapo compuesto de hilos gruesos y absorbentes.

## SIGLAS

C.A.: Centroamérica.

CIIU: Clasificación Industrial Internacional Uniforme .

CNPML: Centro Nacional de Producción Más Limpia.

DIGESTYC: Dirección General de Estadística y Censos.

FOGAPEMI: Proyecto Fomento de la Gestión Ambiental y Producción Más Limpia en la Pequeña y Mediana Industria.

GESTA: Gestión Ambiental en la Pequeña y Mediana Industria de América Central.

GTZ: Cooperación Técnica Alemana.

IMA: Industria y Medio Ambiente.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

NSR: Norma Salvadoreña Recomendada.

ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

PML: Producción Más Limpia.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente .

PT: producto terminado

TLC: Tratado de Libre Comercio.

U.S.A.: Estados Unidos de Norteamérica.

## ABREVIATURAS

Act.: activados.  
agent.: agente.  
Almdn.: Almidón.  
anteri.: anteriores.  
c/: con.  
comer.: comercial.  
Correc.-prev.: Correctivo-preventivo.  
desengdo.: desengomado.  
Deterg.: Detergente.  
Engom.: Engomante.  
Manj.: manejo  
Mat.: Material.  
mat.: materiales.  
Materia P, mp.: Materia prima.  
metd.: método.  
Microorgan.: Microorganismos.  
mov.: movimiento.  
mtto.: mantenimiento.  
NS/NR: No sabe / No responde.  
parafin.: parafínica.  
poli.: polivinilo.  
princ.: principales.  
R. Dominicana: República Dominicana.  
rep.: reposo  
Semiautomat.: Semiautomático.  
t.: tiempo  
tipo-agent.: tipo de agente.  
trat.: tratamiento.  
var.: variaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDA, Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados; "Proyecto GOES AID No 519-0303. Base de datos de vertidos industriales y municipales en el manejo de aguas", 1990.

ASI, Asociación Salvadoreña de Industriales; "Directorio industrial", 2002

CALDERÓN, José; "Cogeneración de vapor mediante el aprovechamiento de los gases de escape de un motor de combustión interna para la industria de barcos pesqueros"; 2002.

ÇENGEL, Yunus A.; Termodinámica; Tomo I; 2º edición; Editorial McGraw-Hill; 1996

CHAVEZ, Francisco; CAÑAS, Carlos; "Situación ambiental de la industria en El Salvador", Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"; 1999

CNPML, Centro Nacional de Producción Más Limpia; "Metodología de trabajo del CNPML de El Salvador", 2002

CRUZ ORTIZ, J.C.; "Contaminación de la cuenca del río Acelhuate y sus efectos sobre la población en el área metropolitana de San Salvador", 2000.

CONACYT; "Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Norma Salvadoreña Recomendada 13.07.03:02", 2002.

DIGESTYC, Dirección general de estadística y censos; "V censo nacional", 1992

DIGESTYC, Dirección general de estadística y censos; "Encuesta económica de El Salvador", 2001

EPA, Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry; 1996

FREEMAN, Harry; "Manual de prevención de la contaminación industrial", editorial Mc Graw-Hil, 1998.

FREUND, John/ Manning Smith, Richard. Estadística 4ª edición Prentice Hall 1989

Fundación natura; "Potencial impacto ambiental de las industrias en el Ecuador", 1991.

GUARDADO LAZO; "Reactivación de la industria textil de El Salvador y sus consecuentes beneficios socio-económicos", Universidad de El Salvador, 1983.

GRIMALDI, John V., SIMONDS, Rollin H., "La Seguridad Industrial, su administración", Segunda Edición, Ediciones Alfaomega, 1991.

HAAR, Lester. Steam Tables, Hemisphere Publising Corporation; 1984 U.S.A.

HAGLER baily consulting, Inc. 1995, Prevención de la contaminación en la industria textil, Perú

HERNÁNDEZ, Víctor; "Diseño de un manual de técnicas de ingeniería industrial orientado a la capacitación de los miembros de los círculos de calidad en la textilera San Andrés", Universidad Tecnológica, 1990.

KERN, Donald Q.; Procesos de transferencia de calor; Compañía continental S.A. de C.V.; México; 1997

LCRJB, Liceo Cristiano Reverendo Juan Bueno San Benito; "Contaminación del río Acelhuate por desechos industriales", 1997.

LMA, Ley del medio ambiente, Reglamento especial, Decreto N° 39, 1998

LPG, La Prensa Grafica; "Pendiente negociación cuota textil", sección economía, 20 de marzo de 2000

MARN, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Renovables; "Evaluación del impacto ambiental, el formulario, permiso de auditoria ambiental", 2002.

MARN, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Renovables; "Informe Nacional. Estado del Medio Ambiente", 2000

MARN, Referencia: Control de la Contaminación, Ministerio del Medio Ambiente política ambiental; 2002

MÁRQUEZ, Manuel; Combustión y quemadores; Marcombo, S.A. 1989.

MATAIX, Claudio; Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas; Harper & Row Publishers Inc.1970.

OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, "Introducción al Estudio del Trabajo", México, Editorial Limusa, 4ta. Edición, 2001.

PNUMA/IMA; "Manual de producción más limpia", LU 3, 1999

RESNICK-HALLIDAY; Física; Volumen I; 4° edición; Editorial CECSA; 1996

RODELLAR LISA, Adolfo., "Seguridad e Higiene en el trabajo", Editorial Marcombo, 1988.

RUBIO; "Evaluación de ecosistemas acuáticos contaminados"; 1993

SERWAY-RAYMOND; Física; Volumen I; Editorial McGraw-Hill; 1996

World Bank; "Pollution Prevention Assessment Handbook: Textiles Industry", 1993.

Sitios de INTERNET:

[www.me.gog.uy/biblioteca/metodologías/codciiu\\_rev2.pdf](http://www.me.gog.uy/biblioteca/metodologías/codciiu_rev2.pdf)

[www.rolac.unep.mx/industria/esp/publica/publica.htm](http://www.rolac.unep.mx/industria/esp/publica/publica.htm)

[www.9nacumbre.islagrande.cu/salvador.html](http://www.9nacumbre.islagrande.cu/salvador.html)

[www.Sieca.org.gt/publico/CA\\_en\\_cifras/Estadisticas2001/sv\\_exportación\\_de\\_los\\_principales\\_1998-1999.htm](http://www.Sieca.org.gt/publico/CA_en_cifras/Estadisticas2001/sv_exportación_de_los_principales_1998-1999.htm)

[www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/gtz/minitext/mtextil.html](http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/gtz/minitext/mtextil.html), 2003

<http://es.epa.gov>

<http://www.ea.gov.au>

<http://www.usaep.org>

<http://www.p2pays.org>