



MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

**CON ENFOQUE EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL
RUBRO DE HILADURA, TEJEDURA Y ACABADO DE
PRODUCTOS TEXTILES Y TINTORERÍA INDUSTRIAL**



MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Néstor Huanca Chura

Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural

Luis Jhosua Siles Castro

Viceministro de Políticas de Industrialización

REVISIÓN:

Richard Wilmer Rojas Rojas

Director General de Servicios y Control Industrial

Luis Antonio Herrera Arandia

Jefe de la Unidad de Gestión Integrada para la Industria

CONTENIDO Y REDACCIÓN:

Ayde Rosario Alconz Ingala

Profesional en Gestión Ambiental Industrial

Gabriela Alicia Rios Charcas

Técnico en Gestión Ambiental Industrial

APOYO TÉCNICO:

Eva Raquel Nina Chavez

Alondra Belen Inca Rojas

Katherine Mariel Escalera Lopez

EN COLABORACIÓN DE:



DIRECCIÓN:

Av. Mcal. Santa Cruz, Edif. Centro de Comunicaciones La Paz, piso 16 y 20



Luis Alberto Arce Catacora

**PRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA**



David Choquehuanca Céspedes

**VICEPRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA**



Néstor Huanca Chura

**MINISTRO DE DESARROLLO PRODUCTIVO
Y ECONOMÍA PLURAL**

PRESENTACIÓN

Bolivia se encamina al Bicentenario con el desafío de consolidar el gran salto a la industrialización, que busca un mayor número de industrias en el sector industrial manufacturero, con mayor producción, que logre sustituir las importaciones, sin que esto represente un mayor impacto ambiental.

En ese sentido, el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, a través del Viceministerio de Políticas de Industrialización, presenta la “Guía de Producción Más Limpia con Enfoque en Economía Circular para el rubro de Hiladura, Tejeduría y acabado de productos Textiles y Tintorería Industrial”, que establece requisitos normativos y lineamientos técnicos para impulsar la adopción de prácticas sostenibles en la industria buscando una Producción Más Limpia. Esta guía busca reemplazar el enfoque reactivo de la gestión ambiental, predominante hasta ahora, por un enfoque preventivo que no solo reduzca el impacto ambiental, sino que también genere mayores beneficios para la industria manufacturera.

Este cambio estratégico impulsa prácticas más sostenibles y eficientes, alineadas con los principios de la Economía Circular, promoviendo la reducción de residuos o su reutilización, la optimización de recursos y la minimización de impactos ambientales, generando así una industria más competitiva y responsable.

Esta guía proporciona una orientación clara y accesible sobre la Producción Más Limpia, resaltando los beneficios de su aplicación integral y sugiriendo medidas específicas que permitan a la industria mejorar sus procesos, reducir su impacto ambiental, optimizar el consumo de recursos y disminuir los costos operativos.



ÍNDICE

01

MARCO NORMATIVO..... 15

02

CONCEPTOS..... 21

03

**DESARROLLO DEL PROGRAMA
DE PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA 25**

04

**MEDIDAS DE PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA..... 30**

05

**ANEXOS, GLOSARIO Y
SISTEMA DE UNIDADES 65**

06

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS 75**

INTRODUCCIÓN

El Estado Plurinacional de Bolivia cuenta con el Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE), del cual forma parte el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES) 2021 - 2025 “Reconstruyendo la Economía para Vivir Bien, hacia la Industrialización con Sustitución de Importaciones”, que se constituye en el instrumento a través del cual se establecen los lineamientos generales para la planificación de mediano plazo (5 años). El PDES contiene diez ejes estratégicos, de los cuales, se resaltan:

- Industrialización con sustitución de importaciones.
- Profundización del proceso de industrialización de los recursos naturales.
- Medio Ambiente sustentable y equilibrado en armonía con la madre tierra.

En este marco, el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPyEP), en cumplimiento a sus atribuciones y competencias descritas en el DS 4857, 06/01/23, Organización Del Órgano Ejecutivo, que en su:

Artículo 57 (Atribuciones de la ministra(o) de **Desarrollo Productivo y Economía Plural**) Las atribuciones de la Ministra(o) de Desarrollo Productivo y Economía Plural, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, son las siguientes:

q) *Proponer políticas ambientales para el sector industrial manufacturero en el marco de la economía plural, en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.*

Artículo 59.- (ATRIBUCIONES DEL VICEMINISTERIO DE POLÍTICAS DE INDUSTRIALIZACIÓN). Las atribuciones del Viceministerio de Políticas de Industrialización, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, son las siguientes:

k) *Realizar las acciones necesarias para el cumplimiento de aplicación de la regulación del sector industrial.*

n) *Diseñar e implementar políticas de Economía Circular para el desarrollo de la industria en el marco de la economía plural para la sustitución de importaciones.*

En cumplimiento a sus atribuciones y competencias con el apoyo de la Fundación Suiza para la Cooperación Técnica Swisscontact, presenta la “Guía de producción Más Limpia con Enfoque en Economía Circular para el Rubro de Hiladura, Tejeduría y Acabado de Productos Textiles y Tintorería Industrial”; elaborada con lineamientos técnicos de eficacia en la producción y gestión ambiental, para que las unidades productivas del sector industrial manufacturero puedan implementar acciones y medidas encaminadas a la Producción Más Limpia con enfoque en Economía Circular.

¿A quién va dirigida esta guía?

Esta Guía está dirigida a las unidades industriales y a todo el personal que desempeña sus funciones en las diferentes actividades del rubro, con el objeto de promover un cambio en la cultura de trabajo y mejorar el desempeño ambiental; por tanto, el éxito de las medidas recomendadas depende del compromiso que adquieran las partes involucradas.

01

MARCO NORMATIVO



LEY N° 1333 DE 27 DE ABRIL DE 1992 (LEY DEL MEDIO AMBIENTE)

Artículo 79.- El Estado a través de sus organismos competentes ejecutará acciones de prevención, control y evaluación de la degradación del medio ambiente que en forma directa o indirecta atente contra la salud humana, vida animal y vegetal. Igualmente velará por la restauración de las zonas afectadas.

Es de prioridad nacional, la promoción de acciones de saneamiento ambiental, garantizando los servicios básicos y otros a la población urbana y rural en general.

Artículo 85.- Corresponde al Estado y a las instituciones técnicas especializadas:

b) Apoyar el rescate, uso y mejoramiento de las tecnologías tradicionales adecuadas.

LEY N° 300 DE 15 DE OCTUBRE DE 2012 (LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN)

Artículo 15.- (ESTABLECER PROCESOS DE PRODUCCIÓN NO CONTAMINANTES Y QUE RESPETAN LA CAPACIDAD DE REGENERACIÓN DE LA MADRE TIERRA EN FUNCION DEL INTERES PUBLICO). El Estado Plurinacional de Bolivia impulsará de forma progresiva y de acuerdo a las circunstancias locales, la creación y fortalecimiento de patrones de producción más sustentables, limpios y que contribuyan a una mayor calidad ambiental, mediante:

7. Acciones para sustituir gradualmente y limitar la utilización de tecnologías degradantes y compuestos químicos tóxicos que puedan ser reemplazados con otras alternativas equivalentes ecológica y socialmente adecuadas.

Artículo 31.- (GESTIÓN DE RESIDUOS). Las bases y orientaciones del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en gestión de residuos son:

I. Promover la transformación de los patrones de producción y hábitos de consumo en el país y la recuperación y reutilización de los materiales y energías contenidos en los residuos, bajo un enfoque de gestión cíclica de los mismos.

Ley N° 755 DE 15 DE OCTUBRE DE 2012, LA LEY INTEGRAL DE RESIDUOS

Artículo 6.- (PRINCIPIOS) La gestión Integral de Residuos se desarrolla acorde a los principios de la Ley 300 de 15 de octubre de 2012, “Ley Macro de Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien”, y los siguientes principios:

c) Producción Más Limpia. En la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada en los procesos productivos, se debe promover la transformación de los patrones de producción.

DECRETO SUPREMO N° 2954 DEL REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY 755, DE 28 DE OCTUBRE DE 2015, DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

Artículo 44.- Numeral I. (PARTICIPACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y COMERCIALES).- “El sector productivo y comercial, deberá implementar acciones de prevención y aprovechamiento de los residuos, a través de mecanismos de Producción Más Limpia, sistemas de separación en origen, empleo de materias primas e insumos que provengan de materiales reciclables, biodegradables o sustancias no peligrosas, el reúso de empaques, envases o embalajes, según corresponda.”

DECRETO SUPREMO N° 26736 DE 30 DE JULIO DE 2002 DEL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL MANUFACTURERO (RASIM)

Artículo 12.- (RESPONSABILIDAD).- “La industria es responsable de la contaminación ambiental que genere en las fases de implementación, operación, mantenimiento, cierre y abandono de su unidad industrial, de acuerdo con lo establecido en el presente Reglamento”.

Artículo 13.- (PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA).- *“La industria será la responsable de priorizar sus esfuerzos en la prevención de la generación de contaminantes a través de la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a procesos productivos y servicios, de manera que se aumente la eco eficiencia y se reduzcan los riesgos para el ser humano y el medio ambiente”.*

Artículo 66.- (ESFUERZOS).- La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que generen sus emisiones, debiendo realizar esfuerzos en:

e) Agotar medidas de Producción Más Limpia antes de incorporar sistemas correctivos de contaminación.

Artículo 72.- (ESFUERZOS).- La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que puedan generar sus descargas, debiendo realizar esfuerzos en:

f) La incorporación de sistemas correctivos de la contaminación, después de agotarse las medidas de Producción Más Limpia.

NB/ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad - Definiciones (Cuarta revisión)

Describe los conceptos y los principios fundamentales de la gestión de la calidad.

NB 61002:2010 Sistemas de Producción Más Limpia (PML) - Requisitos (Primera revisión)

Establece los requisitos para la implementación y certificación de un sistema de Producción Más Limpia (PML) en una organización, en base al Modelo de Excelencia en PML.

NB 61004:2011 Sistemas de Producción Más Limpia (PML) - Directrices para la implementación de la norma NB 61002

Suministra orientación general para el desarrollo y la implementación de un sistema de Producción Más Limpia (PML) de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NB 61002.

Nombre Comité: Medio ambiente

NB 69016:2011 Gestión ambiental - Residuos sólidos - Guía para realizar el diagnóstico de residuos sólidos en el sector industrial manufacturero

Tiene como objetivo proporcionar, al sector industrial manufacturero, las directrices para realizar el diagnóstico de residuos sólidos

NB 69016:2011 Gestión ambiental - Residuos sólidos - Guía para realizar el diagnóstico de residuos sólidos en el sector industrial manufacturero

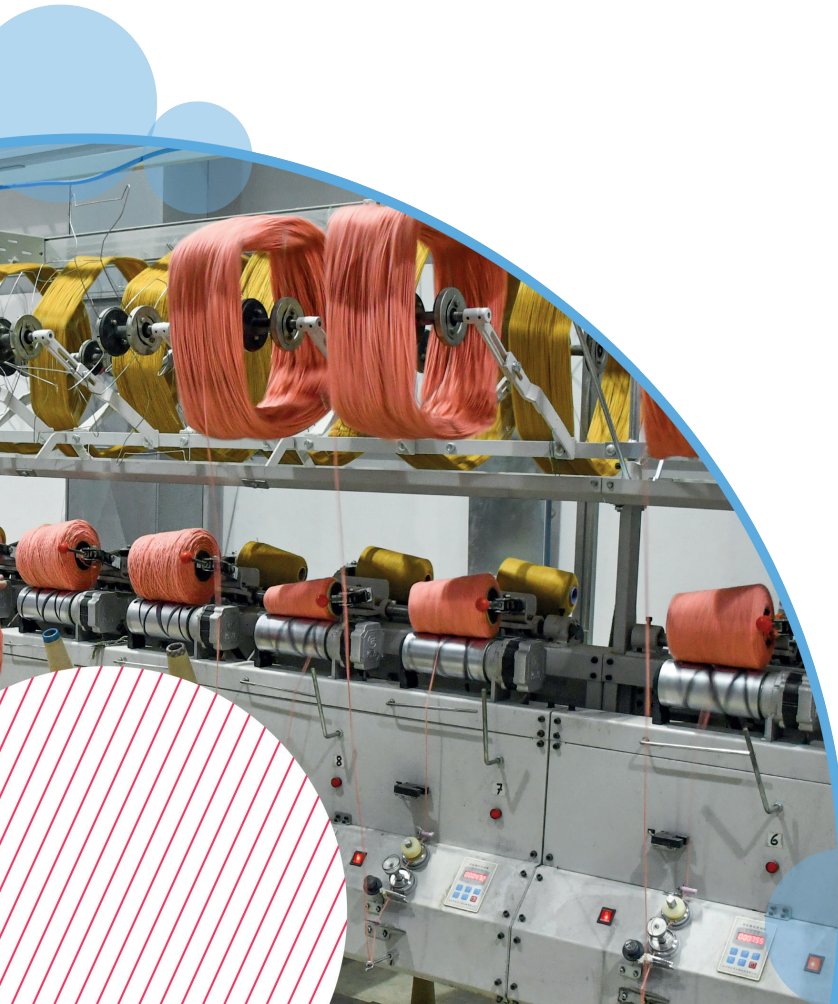
Tiene como objetivo proporcionar, al sector industrial manufacturero, las directrices para realizar el diagnóstico de residuos sólidos

NB 69015:2011 Gestión ambiental - Residuos sólidos - Guía para el diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos generados en el sector industrial manufacturero

Proporciona, al sector industrial manufacturero, las directrices para diseñar un sistema de manejo de residuos sólidos, que permita reducir la cantidad de residuos que se disponen o se entregan para disposición final, promoviendo su aprovechamiento, así como el manejo adecuado de los residuos peligrosos.

02

CONCEPTOS



2.1 Producción Más Limpia (PML)	22
2.2 Economía Circular	22
2.3 Relación de la Producción Más Limpia y la Economía Circular	24

2.1 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

Según la definición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, la Producción Más Limpia (PML), es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos productivos, a los productos y los servicios, con el fin de mejorar la eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente.

»» En los procesos productivos:

Conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción de la cantidad y toxicidad de emisiones y desechos.

»» En los productos:

Busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto.

»» En los servicios:

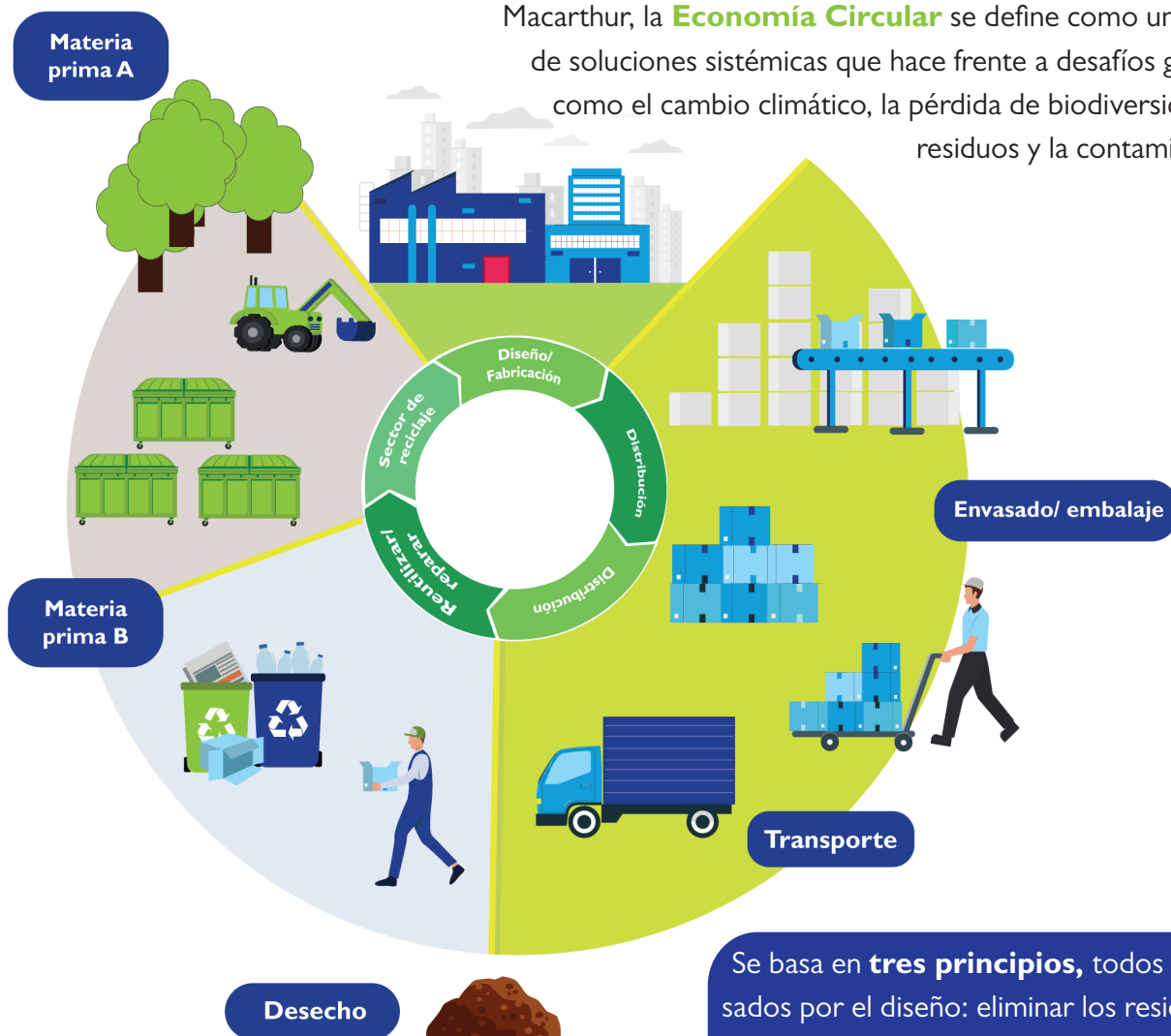
Aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

2.2 ECONOMÍA CIRCULAR



La **Economía Circular** es el **contraste** al modelo de **economía lineal tradicional**, que esta basado principalmente en el concepto “**producir – usar – tirar**”, además que requiere de grandes cantidades de recursos finitos.

Según el glosario de Economía Circular de la Fundación Ellen Macarthur, la **Economía Circular** se define como un marco de soluciones sistémicas que hace frente a desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación.



Se basa en **tres principios**, todos impulsados por el diseño: eliminar los residuos y la contaminación, hacer circular los productos y materiales (en su valor más alto) y regenerar la naturaleza.

2.3 RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

La Producción Más Limpia y la Economía Circular están profundamente interrelacionadas, ya que ambas tienen como objetivo reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos. La Economía Circular se centra en prolongar el ciclo de vida de los materiales, mientras que la Producción Más Limpia busca mejorar la eficiencia de los procesos productivos minimizando residuos y contaminación desde su origen.

La conexión entre la Producción Más Limpia y la Economía Circular con las **3R** (reducir, reutilizar y reciclar) es clave, pues comparten el objetivo de maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar la generación de residuos.

Reducir



Se define como moderar o disminuir la cantidad de empaque innecesario y de esa manera adoptar las prácticas que reducen la toxicidad de los desechos.

Reutilizar



Es la prolongación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelvan la posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.

Reciclar



Consiste en el proceso de someter los materiales a un proceso en el cual se puedan volver a utilizar, reduciendo de forma verdaderamente significativa la utilización de nuevos materiales, y con ello, menos residuos no aprovechables en un futuro.

03

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



3.1	Métodos Para Evaluar la Eficiencia Productiva	28
------------	--	-----------

Los pasos que se deben seguir para implementar un programa de Producción Más Limpia, están descritos en la Norma Boliviana NB 61004 – “Sistemas de Producción Más Limpia (PML) – Guía para la implementación de la norma NB 61002”.

1 Diagnóstico PML

1. Recopilar datos y organizar la documentación por operaciones unitarias.
2. **Análisis del proceso, incluido el uso de insumos y problemas inherentes.**
3. **Análisis de la evaluación de la eficiencia productiva.**
4. Análisis de aspectos sociales.



Política de PML

2

1. Propia de cada unidad industrial.
2. Debe alinear los objetivos estratégicos con prácticas sostenibles, enfocándose en la sostenibilidad ambiental, la innovación y mejora continua y la transparencia y responsabilidad.



3 Estrategia de PML

1. **Identificar los procesos productivos.**
2. **Consumo de recursos (agua, energía eléctrica, combustible).**
3. **Identificación de Impactos Ambientales.**



Implementación de PML

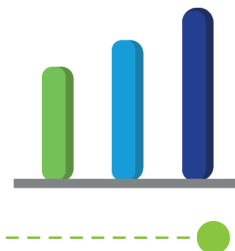
4



1. Asignar responsables.
2. Ejecución de las medidas de PML.
3. Comunicación del procesos de implementación.

5 Monitoreo PML

1. Aplicación sistemática del monitoreo.
2. **Análisis comparativo de la evaluación de la eficiencia productiva, antes (diagnostico) y despues de la implementación de PML.**
3. Comunicación de los resultados del monitoreo.



En la presente guía se desarrollan los puntos resaltados, por la importancia que significa en la implementación de un programa de PML.

Los otros puntos son particulares para cada empresa, que se detallan en la NB 61004 y en el Manual de aplicación de las Guías de Producción Mas Limpia, 2024

3.1 MÉTODOS PARA EVALUAR LA EFICIENCIA PRODUCTIVA

En toda unidad industrial es necesario contar con indicadores que permitan medir la eficiencia energética, hídrica y la eficiencia en el uso de insumos. Solo así podremos caracterizar la situación actual y posteriormente medir los beneficios de la implementación de las medidas de Producción Mas Limpia.

A continuación, se plantean tres indicadores de Consumo, de fácil aplicación en cualquier proceso productivo.



i) Consumo de eficiencia energética



ii) Consumo de eficiencia hídrica



iii) Consumo de eficiencia en el uso de insumos

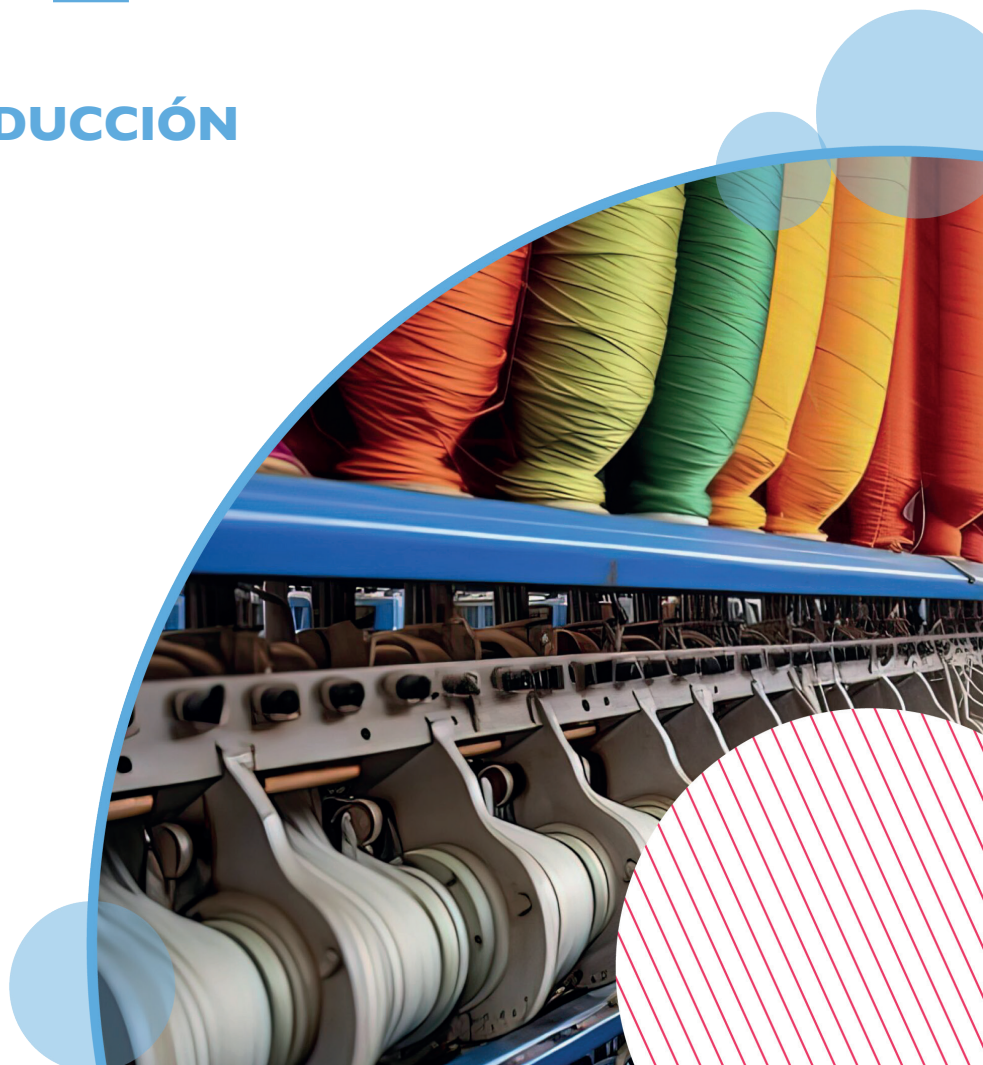
Indicador de consumo	Nombre	Ecuación
Consumo de eficiencia energética	Consumo específico de energía térmica	$CE_{(GAS\ NATURAL)} = CT_{(GAS\ NATURAL)} / V_P$ <p> $CE_{(GAS\ NATURAL)}$ = Consumo específico para Gas Natural $CT_{(GAS\ NATURAL)}$ = Cantidad total de Gas Natural consumido V_P = Cantidad de producto producido </p>

Consumo de eficiencia energética	Consumo específico de energía eléctrica	$CE_{(E. ELECTRICA)} = CT_{(E. ELECTRICA)} / V_P$ <p> $CE_{(EE)}$ = Consumo Específico para energía eléctrica $CT_{(EE)}$ = Cantidad total de energía eléctrica consumida V_p = Cantidad de producto producido </p>
Consumo de eficiencia hídrica	Consumo específico hídrico	$CE_{(AGUA)} = CT_{(AGUA)} / V_P$ <p> $CE_{(AGUA)}$ = Consumo Especifico Hídrico $C_{T(AGUA)}$ = Cantidad total de Agua V_p = Cantidad de producto producido </p>
Consumo de eficiencia en el uso de insumos	Consumo específico en el uso de insumos	$CE_{(INSUMOS)} = CT_{(INSUMOS)} / V_P$ <p> $CE_{(INSUMOS)}$ = Consumo Específico de insumos $C_{T(INSUMOS)}$ = Cantidad total de Insumos V_p = Cantidad de producto producido </p>

Fuente: Método para evaluar la eficiencia de los procesos productivos y de sus operaciones unitarias mediante el análisis del comportamiento de los consumos específicos en función de los volúmenes de producción. CPTS. 2006.

04

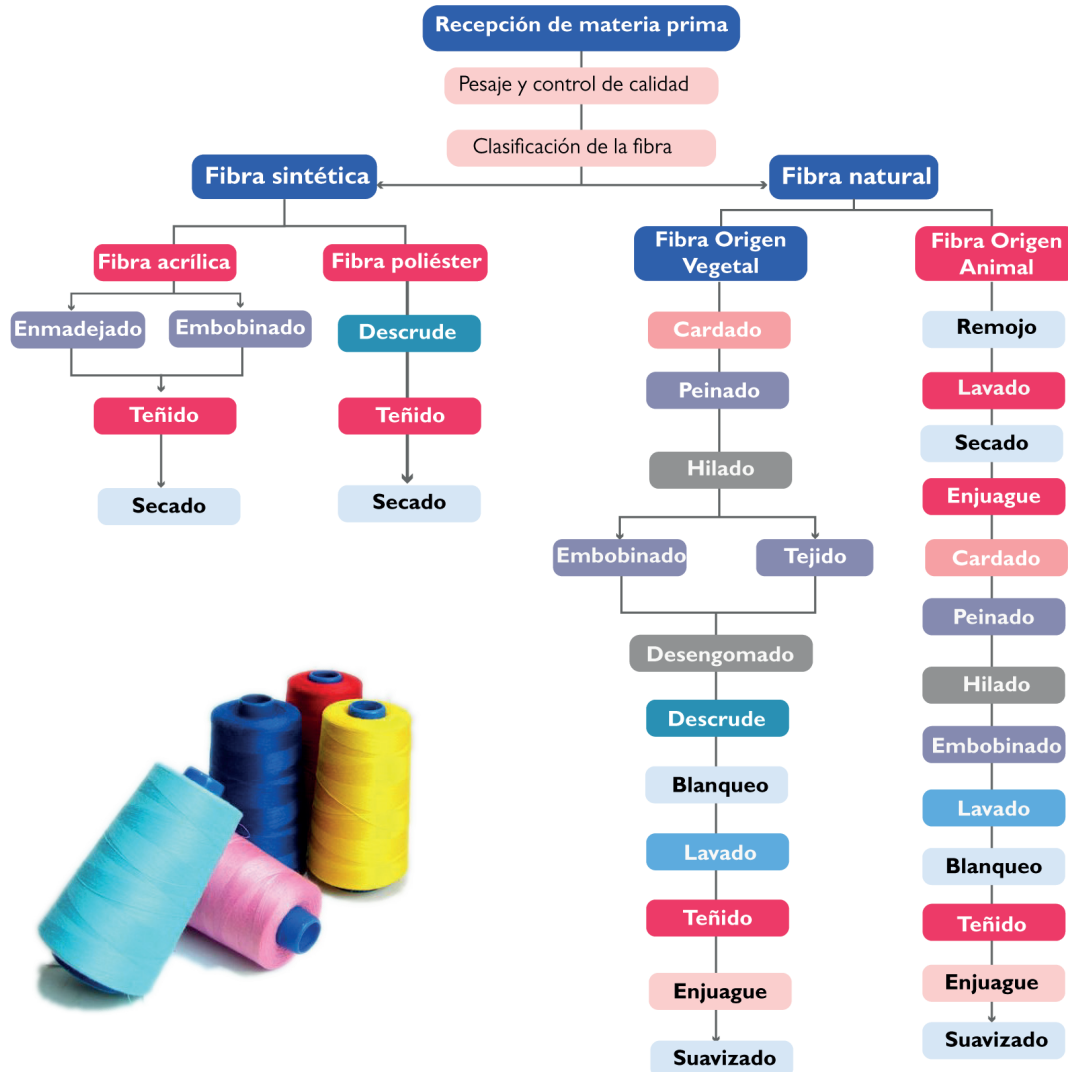
**MEDIDAS DE PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA**



4.1 Identificación de Procesos Productivos	32
4.1.1 Procesos Productivos – Lavado y Teñido de Fibra Natural de Origen Animal (lana)	33
4.1.1.1 Descripción del Proceso de Lavado	33
4.1.1.2 Descripción del Proceso de Teñido	36
4.1.2 Procesos Productivos – Lavado y Teñido de Fibra Natural de Origen Vegetal – Algodón	38
4.1.2.1 Descripción del Proceso de Preparación.....	38
4.1.2.2 Descripción del Proceso de Teñido	40
4.1.3 Procesos Productivos - Teñido de Fibra Sintética	42
4.1.3.1 Descripción del Proceso de Teñido – Fibra Acrílica	42
4.1.3.2 Descripción del Proceso de Teñido – Fibra Poliéster	44
4.2 Identificación de Impactos Ambientales	45
4.2.1 Consumo de Recursos.....	45
4.2.1.1 Fuente de Abastecimiento de Agua.	45
4.2.1.2 Fuente de Abastecimiento de Energía Eléctrica.	45
4.2.1.3 Fuente de Abastecimiento de Combustible	46
4.2.2 Generación de Residuos.....	46
4.2.2.1 Generación de Residuos Sólidos.....	46
4.2.2.2 Generación de Residuos Líquidos (Efluentes).....	46
4.2.2.3 Generación de Residuos Gaseosos (Emisiones)	48
4.3 Acciones de Producción Más Limpia	50
4.3.1 Propuestas de Producción Más Limpia - Factor Aire	53
4.3.2 Propuestas de Producción Más Limpia - Factor Agua.....	55

4.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS

A continuación, se describen los procesos productivos del sector textil, de acuerdo al tipo de fibra con el que se trabaja:



El proceso productivo en general no genera la misma cantidad de residuos por cada operación unitaria, por lo que se realizó un análisis de riesgo por procesos, según A Guide To The Project Management Body of Knowledge PMBOK GUIDE – Definiciones de Impacto de Riesgo (**Anexo 2**). En donde se concluyó que el máximo riesgo están en los procesos:

- Lavado y Teñido de Fibra Natural de Origen Animal (Lana)
- Lavado y Teñido de Fibra Natural de Origen Vegetal – Algodón.
- Teñido de Fibra Sintética.

4.1.1 PROCESOS PRODUCTIVOS – LAVADO Y TEÑIDO DE FIBRA NATURAL DE ORIGEN ANIMAL (LANA)

4.1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAVADO

La lana por su origen animal, contiene impurezas tales como: grasa, restos de paja, tierra, etc., que deben ser retirados antes de empezar el proceso de hilado y teñido.

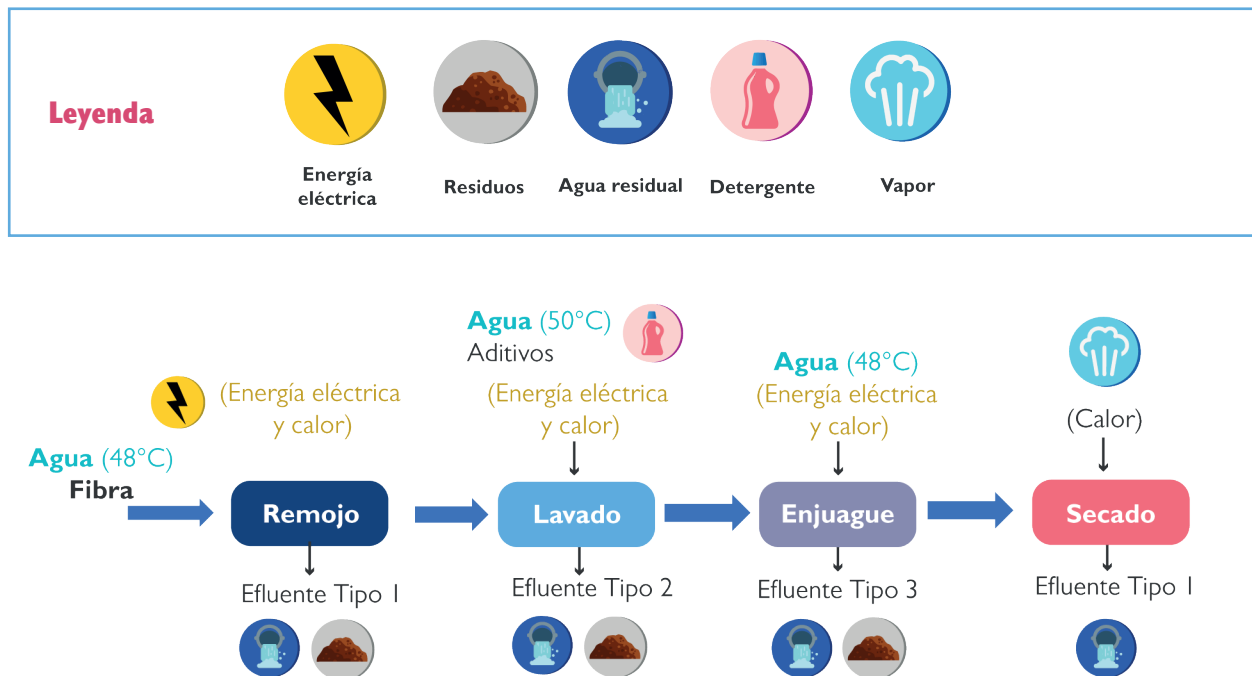
En la lana, el proceso de lavado elimina los aceites y contaminantes acumulados durante la esquila y puede llevarse a cabo en vellón, cinta e hilo, con soluciones que contienen carbonato de sodio con jabón o amoníaco, o tensoactivos aniónicos y no iónicos, que llevan a cabo un lavado más suave para evitar cualquier daño a la fibra (7).



Tina de lavado

Este proceso comienza humectando la lana, para posteriormente proceder al lavado, al enjuague y finalmente se procede al secado. Esta etapa productiva requiere de energía térmica y energía eléctrica. El equipo que se usa es una tina abierta, provista de rodillos y agitadores que facilitan el retiro de impurezas de la lana. También se requiere de equipos auxiliares, tales como: Calderos (generador de vapor); Ablandador de agua; Bombas de agua; Intercambiador de calor y Motores.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo:



a) Remojo: En este proceso se humedece el vellón. Se realiza con agua blanda a una temperatura entre 45 a 50 °C. La relación agua/fibra es de 4:1 a un pH igual a 7.

b) Lavado: Posteriormente, se procede al lavado del vellón, con agua blanda a la que se le adiciona detergente y aditivos, para lograr un lavado suave, que no dañe la fibra. Se realiza a una temperatura de 50°C y pH básico, con una relación agua/fibra de 4:1, generalmente.

c) Enjuague: El enjuague, es la operación que está destinada a remover del vellón, restos de detergentes, aditivos y materia insoluble, que pueden estar en solución o en emulsión con otras impurezas (A). Se realiza con agua blanda a una temperatura de 38 a 40°C, pH neutro, con una relación agua/fibra de 4:1.

d) Secado: El proceso de secado tiene por objeto eliminar el excedente de agua y alcanzar el contenido de humedad optimo de la fibra. Se realiza en hornos de secado a temperaturas que van desde los 80 a 110 °C, con un tiempo corto de exposición.

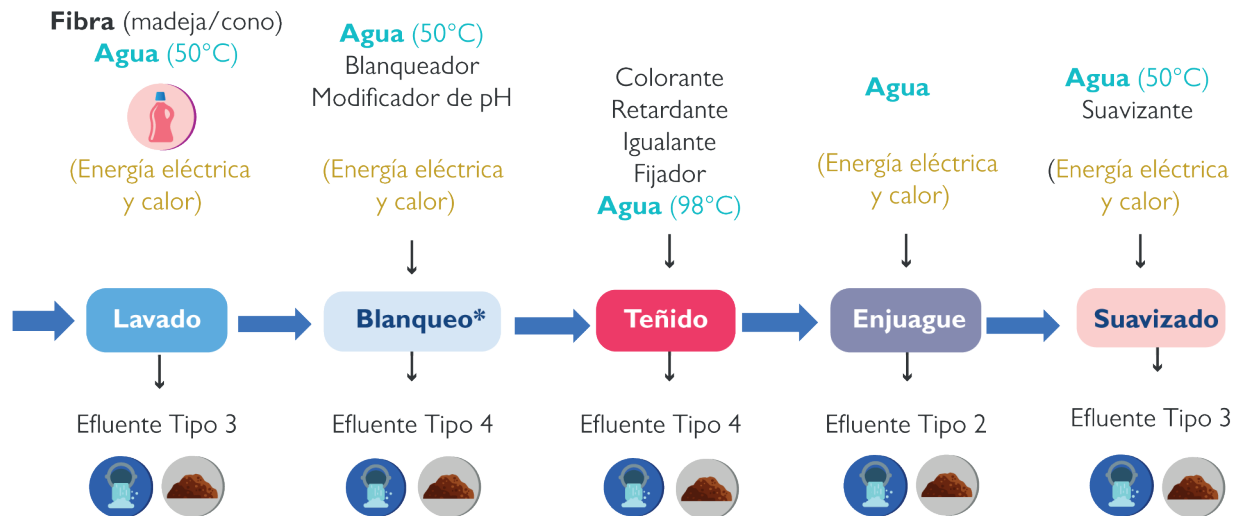


Lavadero de lana

4.1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO

El vellón limpio, pasa por varios procesos hasta obtener el hilo, ya sea en madeja o en bobina, el cual está listo para ser teñido. Los colorantes para las fibras proteínicas de origen animal como la lana son ácidos y reactivos (I). Esta etapa productiva requiere de energía térmica y energía eléctrica. Se utiliza una Autoclave de teñido de madejas y/o bobinas. Esta etapa, también requiere de equipos auxiliares, tales como: Calderos; Ablandador de agua; Bombas de agua; Intercambiador de calor y Motores.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo:



Se describe, a continuación, cada proceso productivo.

a) Lavado: En la lana, el proceso de lavado elimina los aceites y restos de lubricantes y otros aditivos utilizados durante las operaciones de cardado y/o hilado y se puede realizar con soluciones que contienen carbonato de sodio con jabón o amoníaco, o tensoactivos aniónicos y no iónicos, que llevan a cabo un lavado más suave para evitar cualquier daño a la fibra (7). Se realiza con agua blanda a una temperatura de 50 °C. La relación agua/fibra es de 15:1 aproximadamente, a un pH que inicia en 7 y finaliza en 9.



Máquina de teñido

b) Blanqueo: Es posible mejorar la blancura de la lana, aplicando peróxido de hidrógeno, con un intervalo de 1 a 3 vol., estabilizado con pirofosfato a pH entre 8 y 9, a 45 – 50° C durante un tiempo que puede variar de 30 minutos a 3 - 4 horas. Alternativamente, es posible llevar a cabo un tratamiento con un pH de 3 – 4, con ácido fórmico a temperatura ambiente; en este caso, el HCOOH reacciona con el peróxido, generando ácido perfórmico, que lleva a cabo la acción de blanqueo. Este método daña ligeramente la lana, pero da

buenos resultados. Desde el punto de vista ambiental, el peróxido de hidrógeno es más adecuado que el hipoclorito, generando los efluentes más fáciles de tratar. Se recomienda añadir agentes secuestrantes en los baños de blanqueo (7).

c) Teñido: La tintura de hilados otorga buena solidez, pues el colorante llega hasta el núcleo de hilo. El hilo puede teñirse en forma de madejas, en bobinas (utilizando autoclaves) e incluso, si es

urdimbre, se preparan plegadores perforados que son cargados en autoclaves(7). Se realiza con agua blanda a 98°C, con una relación agua/fibra de 15:1, a pH=4, incluyendo en el baño, colorante, retardante, igualante, fijador y sales.

d) Enjuague: El enjuague, es la operación que está destinada a remover, restos de tinte o aditivos. Se realiza con agua blanda a una temperatura de 40°C, pH neutro, con una relación agua/fibra de 15:1, aproximadamente.

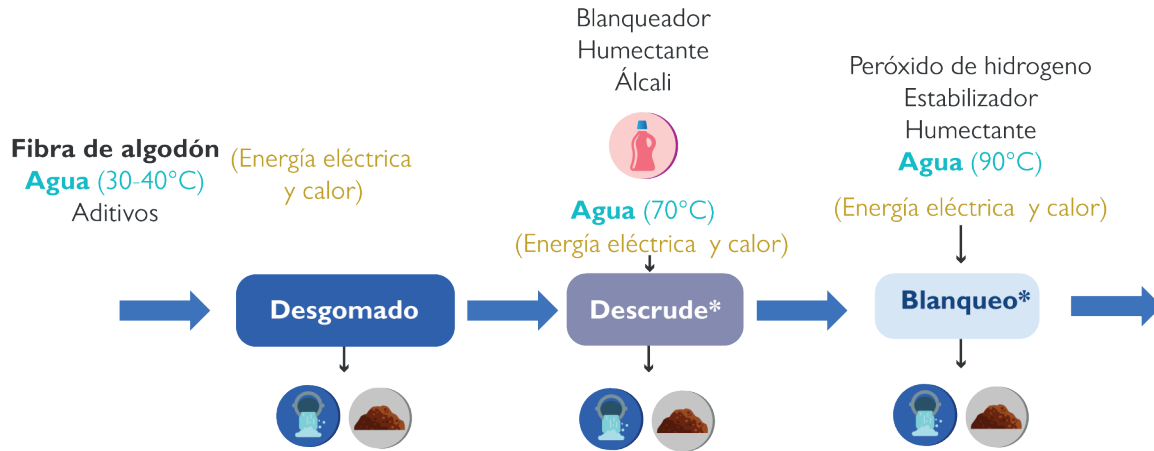
e) Suavizado: A través de este proceso, se adiciona a la fibra suficiente humedad e insumos, para evitar se quiebre o llegue a romperse. Se realiza con agua blanda y suavizante, a una temperatura de 50°C, con una relación agua/fibra de 15:1, aproximadamente.

4.1.2 PROCESOS PRODUCTIVOS – LAVADO Y TEÑIDO DE FIBRA NATURAL DE ORIGEN VEGETAL – ALGODÓN

4.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN

Para evitar que el algodón se quiebre, se le adiciona lubricantes, que permiten al algodón deslizarse por las máquinas de hilado y tejido, al momento de fabricar la tela o enrollarlo en bobinas. Antes de iniciar el teñido de la tela o del hilo de algodón, es necesario retirar el producto que se utilizó como lubricante, a este proceso se le denomina Desengomado. Posteriormente, se procede a preparar la fibra de acuerdo al tipo de color que se le otorgará, realizando el Descrude y el Blanqueo, según se requiera. Las máquinas de teñido utilizadas, permiten el teñido de madejas y/o bobinas de hilo, tela y hasta prendas terminadas. Esta etapa, también requiere de equipos auxiliares, tales como: Calderos; Ablandador de agua; Bombas de agua; Intercambiador de calor y Motores.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo:



Se describe, a continuación, cada proceso productivo.

a) Desengomado: Este tratamiento se lleva a cabo para eliminar la goma de la urdimbre, para eliminar impurezas, para lograr una buena humectación y así un mejor descrude, una mejor tintura y un mejor acabado(A). Mediante la aplicación de enzimas amilasas para hilos de algodón (desencolado enzimático) se lleva a cabo un proceso de degradación biológica del almidón, transformándolo en subproductos solubles que pueden ser eliminados por lavado. Esta reacción hace el uso de amilasas rentable (al aplicar gomas de almidón) en comparación con otros agentes de desencolado, tales como agentes alcalinos y oxidantes (desencolado oxidante), que atacan tanto el almidón y a la celulosa (7).

b) Descrude: Los sustratos textiles pueden contener innumerables impurezas, que cuando no son correctamente eliminadas pueden provocar manchas en la tintura o desigualdades en los colores. El Descrude, es el proceso que se realiza cuando se requiere alto grado de blanco, ya sea para posterior teñido con colores claros o como paso previo al Blanqueo Óptico (2).

c) Blanqueo: El blanqueo se aplica para obtener el grado de blanco necesario para teñir colores claros o para destacar el contraste del hilo de trama blanco con el hilo de urdimbre azul, proporcionando vivacidad (2), también para homogenizar las variaciones no deseadas de tono. Los agentes blanqueadores utilizados principalmente para fibras celulósicas son el hipoclorito de sodio (NaClO) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Ambos requieren la adición de hidróxido de sodio (NaOH) en el baño de blanqueo para alcanzar un medio alcalino, favoreciendo la formación del ion blanqueador, que en el primer caso es el ion hipoclorito y en el segundo es el ion perhidroxilo.



Proceso de blanqueo

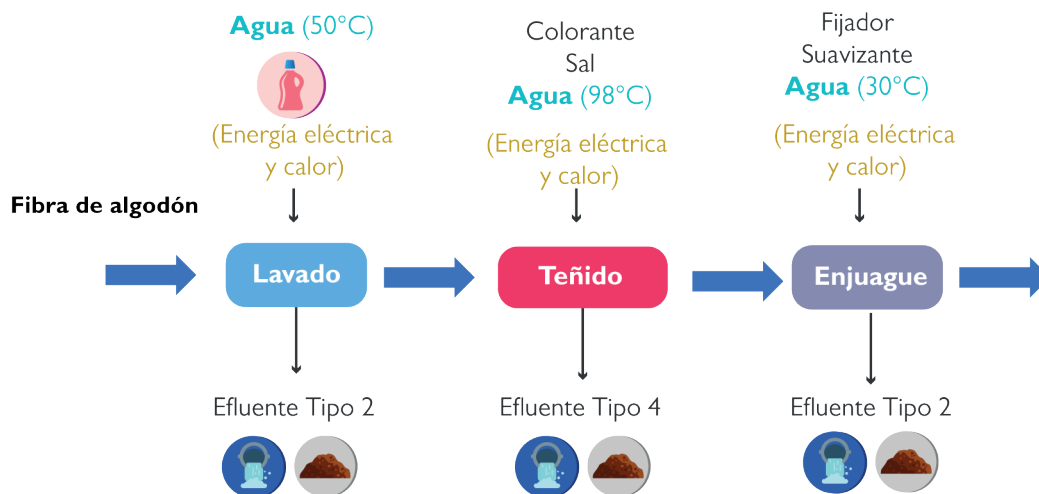
4.1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO

La aplicación de material colorante se realiza en baños con alta temperatura en presencia de agentes químicos auxiliares que ayudan a una mejor calidad de teñido (2). Los colorantes usados para el teñido de tela y de fibras celulósicas como el algodón, son los colorantes directos, reactivos y sulfurosos (1).

Esta etapa productiva requiere de energía térmica y energía eléctrica. Las máquinas de teñido utilizadas, permiten el teñido de madejas y/o bobinas de hilo, tela y hasta prendas terminadas.

Esta etapa, también requiere de equipos auxiliares, tales como: Calderos; Ablandador de agua; Bombas de agua; Intercambiador de calor y motores.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo:



A continuación, se describe cada proceso productivo.

a) Lavado: El lavado se lleva a cabo después del descruce y blanqueo. En el teñido, la etapa de lavado podría ser considerado un tratamiento crucial, debido a su frecuencia y fuerte impacto económico. Los fabricantes cada vez más centran su atención en la reducción del consumo de agua, lo que conduce al subsiguiente ahorro de energía y agua caliente, así como una reducción de las aguas residuales (7).

b) Teñido: El teñido se lleva a cabo en varios tipos de máquinas. Un buen teñido depende de diferentes parámetros y condiciones que pueden ser evaluados inmediatamente por medio de pruebas posteriores en laboratorio. Las máquinas utilizadas se eligen según el material a procesar. Para llevar a cabo un proceso de teñido es necesario:

- i) Disolver o dispersar el colorante en un baño de agua;
- ii) Alimentar la solución de colorante en la máquina después de un filtrado adecuado;
- iii) Transferir el colorante del baño a la fibra (proceso y máquina);
- iv) distribuir homogéneamente el colorante sobre la fibra (proceso y máquina);
- v) dejar que el colorante penetre en la estructura de la fibra y fijarlo (tiempo y temperatura) (7).



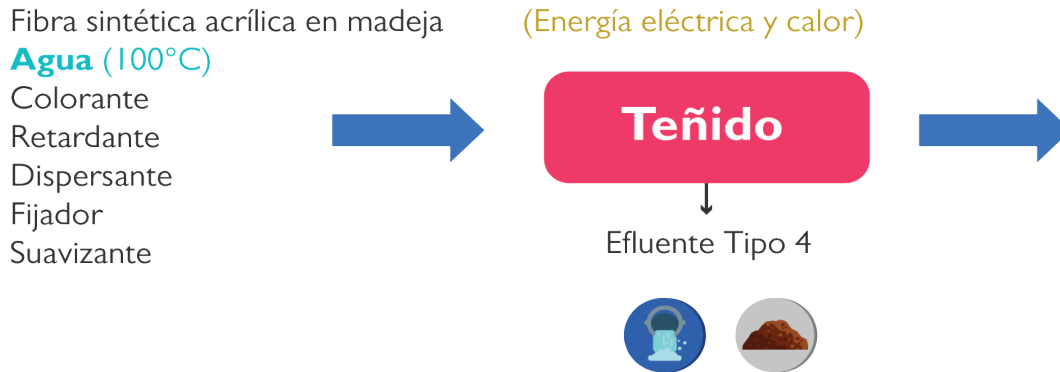
Máquinas de tintura

c) Enjuague: Consiste en enjuagar la fibra para eliminar el colorante no fijado. El enjuague también se considera un tratamiento crucial dentro del proceso textil, debido a su frecuencia y fuerte impacto económico.

4.1.3 PROCESOS PRODUCTIVOS - TEÑIDO DE FIBRA SINTÉTICA

4.1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO – FIBRA ACRÍLICA

A continuación, se presenta el diagrama de flujo:



Las fibras acrílicas que contienen cargas aniónicas (negativas) que atraen a los colorantes catiónicos. Esta atracción entre polos opuestos es llamada polar. Hay dos tipos de fibras acrílicas:

- **HB:** En la tintura de hilos se requiere un pre encogimiento por vaporización o agua hirviente. El hilo encoge cerca del 30% y queda con un tacto voluminoso, con aspecto de lana.
- **Regular:** Las fibras ya vienen pre encogidas antes de los procesos de hilandería. El aspecto de estos hilos es sedoso y se destinan a tejidos de verano.

Como la atracción polar entre el colorante y la fibra es muy fuerte, hay que tener cuidados especiales durante la tintura. El uso de retardantes es importante debido a la pequeña faja de temperatura de subida, para evitar un montaje rápido e irregular del colorante. Cada fibra acrílica, conforme la marca comercial, tiene un comportamiento tintóreo diferente, exigiendo procesos diferentes: temperatura inicial, rango de subida, porcentaje de retardante, entre otros.

Esta etapa productiva requiere de energía térmica y energía eléctrica. El equipo principal utilizado aplica una tina de teñido, donde se puede teñir hilo en madeja o en bobina. Esta etapa, también requiere de equipos auxiliares, tales como: Calderos; Ablandador de agua; Bombas de agua; Intercambiador de calor y motores.

4.1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TEÑIDO – FIBRA POLIESTER



a) Descrude: Al desarrollar un proceso de descrude de fibras sintéticas, se desea alcanzar la perfecta remoción de aceites para una tintura bien igualada. Se realiza incorporando 0,5-1 g/l de fosfato trisódico o carbonato de sodio, 1-2 g/l de detergente no iónico, agua a temperatura 70-80° durante 30 minutos (A).

b) Teñido: Para este tipo de fibra se utilizan colorantes dispersos (2). Son suspensiones de compuestos orgánicos finamente divididos con muy baja solubilidad. Las fibras hidrofóbicas, como el acetato de celulosa (secundaria o terciaria) y las fibras sintéticas con frecuencia se teñirán mejor con tintes insolubles que con aquellos que se disuelven en agua.

Un baño de teñido con colorantes dispersos contiene al colorante en tres estados: colorante en solución, colorante en miscelas y colorante sólido. Sólo el colorante en solución es absorbido por la fibra. A 130° C, se requiere el empleo de máquinas presurizadas (HT). Con este tipo de máquina y a esta temperatura podemos realizar la tintura con colorantes de moléculas grandes, que proporcionan mayor nivel de solidez.



Máquina de teñido

4.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

4.2.1 CONSUMO DE RECURSOS

4.2.1.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Siendo el agua un insumo primordial, muchas unidades industriales que se dedican al rubro textil, cuentan con pozos de agua propios. Las industrias más pequeñas y otras ubicadas en áreas urbanas, se aprovisiona de agua de la red pública, generando costos importantes.

4.2.1.2 FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las unidades industriales del rubro textil, se aprovisionan de energía eléctrica, del sistema de distribución local. Considerando que los equipos contienen bombas eléctricas y motores, es imprescindible este recurso, el cual representa un buen porcentaje del costo.

4.2.1.3 FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE

Dependiendo de su ubicación, las unidades industriales cercanas a las áreas urbanas utilizan gas natural para el funcionamiento de sus calderos, y la respectiva generación de vapor. Siendo que todos los procesos requieren de agua a temperaturas mayores a 40°C.

En áreas rurales se puede optar por otro tipo de combustible, como madera, diésel, o GLP.

4.2.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS

4.2.2.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

En el rubro textil, las etapas de lavandería, preparado y teñido, generan una cantidad mínima de residuos sólidos, que principalmente consisten en: pelusas, impurezas, restos de fibra, envases vacíos de colorantes, detergentes y aditivos.

4.2.2.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS (EFLUENTES)

En el rubro textil, las etapas de lavandería, preparado y teñido, generan una cantidad importante de efluentes, con características contaminantes diferentes, desde efluentes que requieren solo una filtración para la retención de sólidos en suspensión, hasta efluentes complejos.

Los efluentes de las industrias que utilizan colorantes tanto en producción como en textil, se caracterizan por contener altos niveles de DQO, compuestos químicos recalcitrantes orgánicos e inorgánicos, surfactantes y sólidos



Aguas residuales



Residuos de tinta en agua

disueltos, además de presentar variaciones de temperatura, pH y color. Se ha detectado también presencia de metales pesados como cobre, níquel y cromo (6).

La industria textil puede generar desde 30 litros de efluente por kilo de fibra teñida hasta 80 litros de efluente por kilo de fibra teñida. Si por alguna causa, la fibra no resulta con un color homogéneo, se requiere reprocesar la fibra (volver a procesarla), lo que fácilmente duplicará la cantidad de efluentes generada.

Con el aumento de las restricciones ambientales, un gran número de colorantes han sido prohibidos en la industria textil, principalmente por los efectos tóxicos en seres humanos y animales. Los estudios desarrollados por la agencia de protección ambiental de Estados Unidos (USEPA) han determinado que las descargas de desechos de la industria de los colorantes se clasifican como desechos peligrosos (6).

Uno de los métodos más comunes y aplicados en el tratamiento de efluentes de la industria textil es el uso de lodos activados y sus modificaciones, pero en general son ineficientes al tratar efluentes coloreados (Vandevivere y col. 1998; Correia y col. 1994; Uygur & Kök 1999).

Las características de los efluentes generados durante los procesos de lavado, enjuague y teñido, son diferentes y únicas para cada unidad industrial. En la mayoría de los casos, los efluentes se disponen sin tratamiento previo, directamente al alcantarillado.

4.2.2.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS GASEOSOS (EMISIONES)

Dependiendo del tipo de combustible utilizado, la industria textil puede generar emisiones contaminantes, que pueden contener azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y material particulado.



Emisión de residuos gaseosos



PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

4.3 ACCIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El diagnóstico realizado en las unidades industriales del sector textil, permitió establecer y definir la propuesta de acciones de Producción Mas Limpia, en el marco de la Economía Circular, las cuales se detallan a continuación:

ANTES DEL PROCESO		
MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
Evaluar la eficiencia de motores y bombas, y elaborar un plan de sustitución de motores de alto consumo de energía.	Disminuir el consumo de energía eléctrica	A medida que la tecnología avanza, se van diseñando motores de mayor eficiencia energética, es decir aquellos que emplean una cantidad menor de energía para su funcionamiento. El reemplazo de motores obsoletos, reducirá el gasto de energía eléctrica durante los procesos.
Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de calderos e intercambiadores de calor	Disminuir el consumo de combustibles.	Los procesos de preparación y teñido de textiles requieren de agua a temperaturas superiores a los 40°C, siendo necesarios equipos de intercambio de calor y generadores de vapor (calderos). El consumo de combustibles, está muy relacionado a la eficiencia de estos equipos, los cuales por el uso disminuyen su capacidad de transferencia de calor. En cambio, si se realizan mantenimientos preventivos regulares, se evita esta pérdida de eficiencia y se disminuye el gasto de combustibles.

MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
Incorporar de medidores de caudal, exclusivamente para el área de lavandería y otros para el área de teñido.	Disminuir el consumo de agua, debido a perdidas. Cuantificar la cantidad exacta de agua consumida en cada proceso de lavado y teñido.	Implementar medidores de flujo de agua, exclusivos para el área de lavandería y teñido permitirá cuantificar cabalmente, la cantidad de agua que se utiliza, pudiendo identificar fugas. Esta medida también permite establecer el punto de partida para la mejora productiva, con medidas de Producción Más Limpia.
Establecer métodos rápidos de análisis de efluentes.	Contar con herramientas que permitan conocer la calidad del baño de teñido y las características de los efluentes, para una toma adecuada de decisiones.	Contar en laboratorio, con pruebas y métodos rápidos para el análisis de parámetros de interés en los efluentes, facilita a la empresa implementar acciones rápidas e inmediatas para mejorar sus formulaciones de manera ágil y permite experimentar con nuevas opciones de insumos y colorantes.
Generar una línea de prendas, amigable con el medio ambiente.	Concienciar a la población promoviendo una industria textil sostenible ambientalmente.	Diseñar una línea de prendas de algodón y lana, amigables con el medio ambiente, en colores que eviten el teñido.
DESPUES DEL PROCESO		
Muestreo y análisis de efluentes	<p>Disminuir cantidad de aditivos y detergentes utilizados en el proceso.</p> <p>Conocer las características fisicoquímicas de los efluentes.</p>	Obtener muestras y analizar en laboratorio, los efluentes provenientes de los procesos de lavado, enjuague y remojo. Esto permitirá establecer si se estuviese añadiendo en demasía un detergente o un aditivo, mejorando el proceso. Asimismo, permite plantear un tratamiento eficiente para cada tipo de efluente.

DESPUES DEL PROCESO		
Clasificar y cuantificar cada efluente, según el tipo de tratamiento que requiere.	Disminuir los costos de tratamiento de efluentes.	Dependiendo del proceso en el que se hayan generado, los insumos utilizados y la temperatura de salida, cada efluente debe ser clasificado por su potencial contaminante. La clasificación previa del efluente, facilitará la elección de un tipo de tratamiento específico, evitando la mezcla, permitiendo su reúso en inodoros y limpieza.
Tratamiento diferenciado de efluentes	Disminuir los costos de tratamiento de efluentes.	Determinar el tratamiento de descontaminación que requiere cada tipo de efluente y diseñar el sistema de tratamiento diferenciado, evitando la mezcla de efluentes.
Filtrado de efluentes que solo cuentan con contaminantes físicos.	Disminuir el consumo de agua.	Implementar un sistema simple y básico para el filtrado de efluentes generados por condensación de los calderos y del agua de remojo en el caso de la lana.
Implementar un sistema de tratamiento de aguas grises, para descontaminar los efluentes provenientes de los procesos de lavado.	Obtener efluentes que cumplan los límites permisibles de descarga, disminuyendo costos de tratamiento a la empresa. Disminuir el consumo de agua.	El agua de lavado y enjuague (aguas grises) contiene restos de detergente y otros aditivos. Su carga contaminante menor a los efluentes del proceso de teñido, por lo que se debe evitar mezclarlos. Esta medida genera grandes ventajas, generando efluentes aptos para el reúso y/o recirculación.
Plan de muestreo y análisis de baños de teñido.	Optimizar el uso de colorantes y disminuir la carga contaminante del efluente.	Caracterizar el baño al inicio y final del proceso de teñido, es muy importante para verificar si se estuviese añadiendo en demasía un aditivo o un colorante. Asimismo, permite establecer si la disolución del colorante dentro del baño, es adecuada.

4.3.1 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA - FACTOR AIRE


PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA RELATIVAS AL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
Medida A1: Evaluar la eficiencia de motores y elaborar un plan de sustitución de motores de alto consumo de energía.		
Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
Evaluar la eficiencia de motores y bombas, que son equipos auxiliares, y sustituir aquellos que, por su uso y la fecha de fabricación, quedaron obsoletos y elevan el gasto de energía eléctrica. A medida que la tecnología avanza, se van diseñando motores de mayor eficiencia energética, es decir aquellos necesitan una cantidad menor de energía para su funcionamiento.	<p>Beneficio económico: Permite disminuir costos de energía eléctrica.</p> <p>Beneficio ambiental: La energía eléctrica es generada por turbinas térmicas que emiten a la atmosfera gases de combustión que generan el efecto invernadero. Disminuir el consumo de energía eléctrica, disminuye también las emisiones de las Plantas Termoeléctricas.</p>	<p>1ro. Elaborar una lista de motores, incluyendo los siguientes datos: Proceso/ Código/Potencia/Año de fabricación/Fecha ultimo mantenimiento/Eficiencia o rendimiento.</p> <p>2do. En base al listado, identificar los motores de fabricación más antigua, con eficiencia/ rendimiento menor, y analizar el costo de reemplazarlo.</p>

PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA RELATIVAS AL USO DE ENERGÍA TÉRMICA

Medida A2: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de calderos e intercambiadores de calor

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Realizar el mantenimiento preventivo de calderos e intercambiadores de calor.</p> <p>Los procesos de preparación y teñido de textiles requieren de agua a temperaturas superiores a los 40°C, siendo necesarios equipos de intercambio de calor y generadores de vapor (calderos).</p> <p>El consumo de combustibles, está muy relacionado a la eficiencia de estos equipos, los cuales por el uso disminuyen su capacidad de transferencia de calor. En cambio, si se realizan mantenimientos preventivos regulares, se evita esta pérdida de eficiencia y se disminuye el gasto de combustibles.</p>	<p>Beneficio económico: Permite disminuir costos de combustibles.</p> <p>Beneficio ambiental: Disminuir las emisiones de los calderos</p>	<p>1ro. Elaborar una lista de intercambiadores de calor y calderos, incluyendo los siguientes datos: Código/Combustible/Año de fabricación/Horas de funcionamiento/Fecha ultimo mantenimiento.</p> <p>2do. Definir los tipos de mantenimiento preventivo necesarios, estableciendo la periodicidad de los mismos.</p> <p>3er. En base a los dos documentos, establecer el cronograma de mantenimiento de cada uno de los equipos.</p> <p>4to. Registrar el numero de horas de funcionamiento de cada equipo.</p>

4.3.2 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA - FACTOR AGUA

PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA RELATIVAS AL USO DE AGUA		
Medida AG I: Incorporar de medidores de caudal, exclusivamente para el área de lavandería y otros para el área de teñido.		
Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Implementar medidores de flujo de agua, exclusivos para el área de lavandería y teñido permitirá cuantificar cabalmente, la cantidad de agua que se utiliza, pudiendo identificar fugas.</p> <p>Esta medida también permite establecer el punto de partida para la mejora productiva, con medidas de Producción Más Limpia.</p>	<p>Beneficio económico: Permite disminuir costos por consumo de agua.</p> <p>Beneficio ambiental: Disminuir la cantidad de agua dulce utilizada.</p>	 <p>Existen medidores de precios accesibles y de fácil instalación.</p>


Medida AG2: Muestreo y análisis de efluentes

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Obtener muestras y analizar en laboratorio, los efluentes provenientes de los procesos de lavado, enjuague y remojo. Esto permitirá establecer si se estuviese añadiendo en demasía un detergente o un aditivo, mejorando el proceso. Asimismo, permite plantear un tratamiento eficiente para cada tipo de efluente.</p>	<p>Beneficio económico: Permite mejorar las dosificaciones de detergente y otros insumos, generando un ahorro en insumos.</p> <p>Permite disminuir los costos de tratamiento de efluentes.</p> <p>Beneficio ambiental: Permite disminuir la carga contaminante de los efluentes.</p>	<p>1ro. A la salida de cada equipo, instalar un dispositivo que permita tomar una muestra del efluente, al final de cada proceso.</p> <p>2do. Obtener la muestra y codificar cada muestra, incluyendo datos como: Fecha/proceso/código.</p> <p>3ro. Analizar en laboratorio las muestras.</p>

Medida AG3: Clasificación de efluentes por su carga contaminante

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>En base a los resultados de análisis de laboratorio, clasificar y cuantificar cada efluente, según el tipo de tratamiento que requiere.</p> <p>Dependiendo del proceso en el que se hayan generado, los insumos utilizados y la temperatura de salida, cada efluente debe ser clasificado por su potencial contaminante.</p> <p>La clasificación previa del efluente, facilitará la elección de un tipo de tratamiento específico, evitando la mezcla, permitiendo su reúso en inodoros y limpieza.</p>	<p>Beneficio económico: Evitar que efluentes con baja carga contaminante se mezcle con efluentes altamente contaminantes, disminuye considerablemente el volumen de efluentes que requieren un tratamiento costoso, lo que disminuye costos. El tiempo de tratamiento también se verá reducido.</p> <p>Beneficio ambiental: Los efluentes recibirán un tratamiento acorde a sus características reduciendo de manera más efectiva su carga contaminante, pudiendo entregar al sistema de alcantarillado efluentes que cumplan los límites de descarga.</p>	<p>1ro. Analizar las muestras obtenidas, en la primera ocasión considerando todos los parámetros establecidos en la normativa vigente.</p> <p>2do. Cuantificar cada efluente.</p> <p>3ero. Una vez caracterizada cada muestra, agruparlas según características similares y codificarlas.</p> <p>4to. Con la información, armar un inventario de efluentes.</p>

Medida AG4: Tratamiento diferenciado de efluentes

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Determinar el tratamiento de descontaminación que requiere cada tipo de efluente y diseñar el sistema de tratamiento diferenciado, evitando la mezcla de efluentes. El tratamiento de descontaminación de un efluente depende tanto del tipo de contaminante, como de la cantidad de contaminante que lleva. La mezcla de efluentes es la peor manera de iniciar el tratamiento, puesto que solo dificulta más la elección de un método y equipos de tratamiento.</p>	<p>Beneficio económico:</p> <p>El tratamiento diferenciado de efluentes disminuye los costos de tratamiento de manera considerable, evitando que efluentes con carga contaminante mínima o baja reciban el mismo tratamiento costoso que los efluentes complejos y con carga contaminante importante.</p> <p>Beneficio ambiental:</p> <p>Se puede verter al sistema de alcantarillado, efluentes con contaminación reducida, respetando los límites permisibles.</p>	<p>1ro. Instalar sistema de llaves y tubería a, que permita direccionar los efluentes, según se requiera.</p>  <p>2do. Implementar sistemas de tratamiento diferenciados, considerando la cantidad de efluente generada.</p>

Medida AG5: Filtrado de efluentes que solo cuentan con contaminantes físicos.		
Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Implementar un sistema simple y básico para el filtrado de efluentes generados por condensación de los calderos y del agua de remojo en el caso de la lana.</p> <p>Efluentes tales como el agua de remojo generada en el procesamiento de las fibras naturales proteicas (lana) y los condensados provenientes de los calderos, que no contienen aditivos, requieren solamente un sistema filtrado simple, para la separación de aceites y grasas, residuos gruesos, medianos y finos.</p>	<p>Beneficio económico:</p> <p>Permite implementar un sistema de filtrado simple, es bastante accesible y está conformado de materiales de fácil acceso (arena, grava, carbón activado, etc.), y con costos reducidos. Estos efluentes pueden ser filtrados mediante un proceso continuo, evitando costos de almacenamiento.</p> <p>Beneficio ambiental:</p> <p>Un sistema de filtrado simple a base de materiales naturales, evita el uso de otro tipo de aditivos y permite obtener un efluente fácil de recircular.</p>	 <p>Utilizar filtros simples, para los efluentes de carga contaminante mínima, ayudará a reducir efluentes.</p>


Medida AG6: Recuperación del agua de lavado y enjuague

Acciones de implementación	Beneficios
<p>Implementar un sistema de tratamiento de aguas grises, para descontaminar los efluentes provenientes de los procesos de lavado.</p> <p>El agua de lavado y enjuague (aguas grises) contiene restos de detergente y otros aditivos. Su carga contaminante menor a los efluentes del proceso de teñido, por lo que se debe evitar mezclarlos.</p> <p>Esta medida genera grandes ventajas, generando efluentes aptos para el reúso y/o recirculación.</p>	<p>Beneficio económico:</p> <p>Actualmente existen en el mercado, sistemas de tratamiento de aguas grises compactos, que permiten tratar el efluente mediante un circuito de flujo continuo, con precios accesibles.</p> <p>Beneficio ambiental:</p> <p>La implementación de un sistema de tratamiento de agua, exclusiva para el efluente de lavado y enjuague, permitirá el reúso de un volumen importante de agua, en inodoros y limpieza de ambientes</p>

Medida AG7: Plan de muestreo y análisis de baños de teñido.

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Caracterizar el baño al inicio y final del proceso de teñido, es muy importante para verificar si se estuviese añadiendo en demasía un aditivo o un colorante. Asimismo, permite establecer si la disolución del colorante dentro del baño, es adecuada.</p>	<p>Beneficio económico:</p> <p>Permite mejorar las recetas del baño de teñido, generando un ahorro en colorantes e insumos.</p> <p>Permite determinar la calidad de los colorantes e insumos, disminuyendo los gastos generados por reprocesos.</p> <p>Permite disminuir los costos de tratamiento de efluentes.</p> <p>Beneficio ambiental:</p> <p>Permite establecer el punto de partida y certificar las mejoras y esfuerzos que viene realizando la empresa por mejorar sus descargas.</p> <p>Permite generar efluentes con menor carga contaminante.</p> <p>Permite generar información histórica.</p>	 <p>1ro. A la salida de cada equipo, instalar un dispositivo que permita tomar una muestra del efluente, al inicio y final del proceso de teñido.</p> <p>2do. Obtener la muestra y codificar cada muestra, incluyendo datos como: Fecha/ Color/Código/Lista de aditivos/ Concentración de colorante/ Concentración de insumos.</p>

Medida AG8: Establecer métodos rápidos de análisis de efluentes.

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Contar en laboratorio, con pruebas y métodos rápidos para el análisis de parámetros de interés en los efluentes, facilita a la empresa implementar acciones rápidas e inmediatas para mejorar sus formulaciones de manera ágil y permite experimentar con nuevas opciones de insumos y colorantes.</p>	<p>Beneficio económico: Disminuye los costos de pruebas de laboratorio, ahorrando tiempo y dinero.</p> <p>Beneficio ambiental: Permite tomar decisiones oportunas sobre el tratamiento de efluentes.</p>	

Medida AG9: Generar una línea de prendas, amigable con el medio ambiente.

Acciones de implementación	Beneficios	Ejemplo
<p>Diseñar una línea de prendas de algodón, amigables con el medio ambiente, en colores claros o blanco, evitando el teñido.</p> <p>El mismo principio se utiliza para la fibra natural proteica (lana), al diseñar una línea exclusiva, amigable con el medio ambiente, en la que se seleccionen la fibra por su color natural, generando una línea de prendas con diseño exclusivo que no requiere teñido.</p>	<p>Beneficio económico: Apertura de nuevos mercados por sus características amigables con el medio ambiente.</p> <p>Disminución de gastos de producción.</p> <p>Beneficio ambiental: Se promueve en el consumidor, la compra inteligente y consciente, considerando los efectos positivos que representa para el medio ambiente, elegir prendas que eviten el proceso de teñido, evitando el uso de colorantes intensos.</p>	 

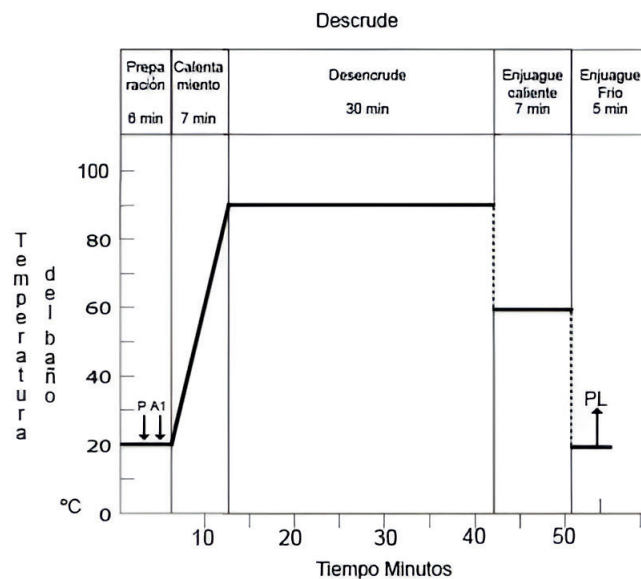
05

**ANEXOS, GLOSARIO Y
SISTEMA DE UNIDADES**



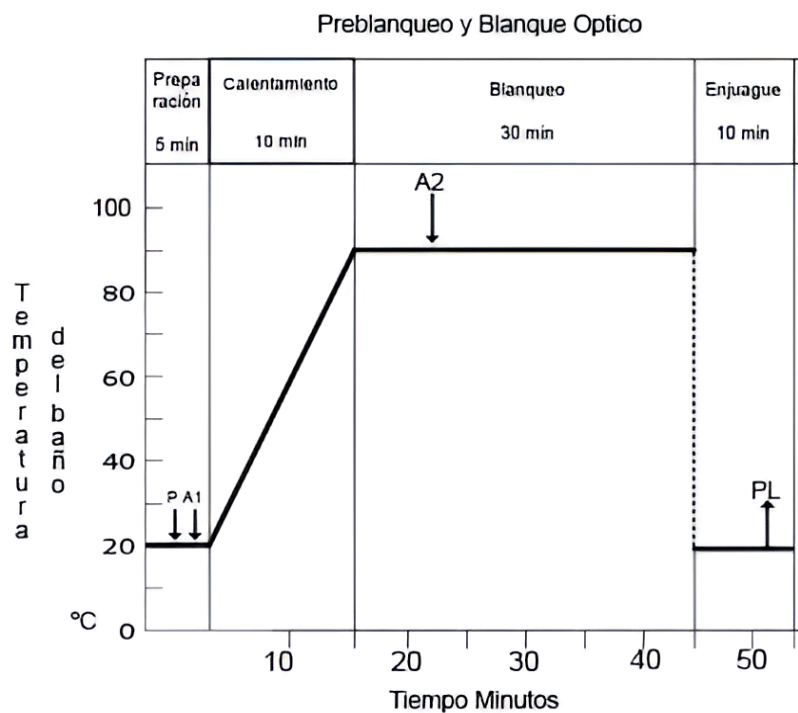
ANEXO 1 – ESQUEMAS DE PROCESOS

I) Proceso de Descrude



Fuente: MANUAL PARA LA TINTURA DE FIBRAS NATURALES (CELULOSICAS y PROTEINICAS) CURVAS DE PROCESOS CON TINTES INDUSTRIALES.

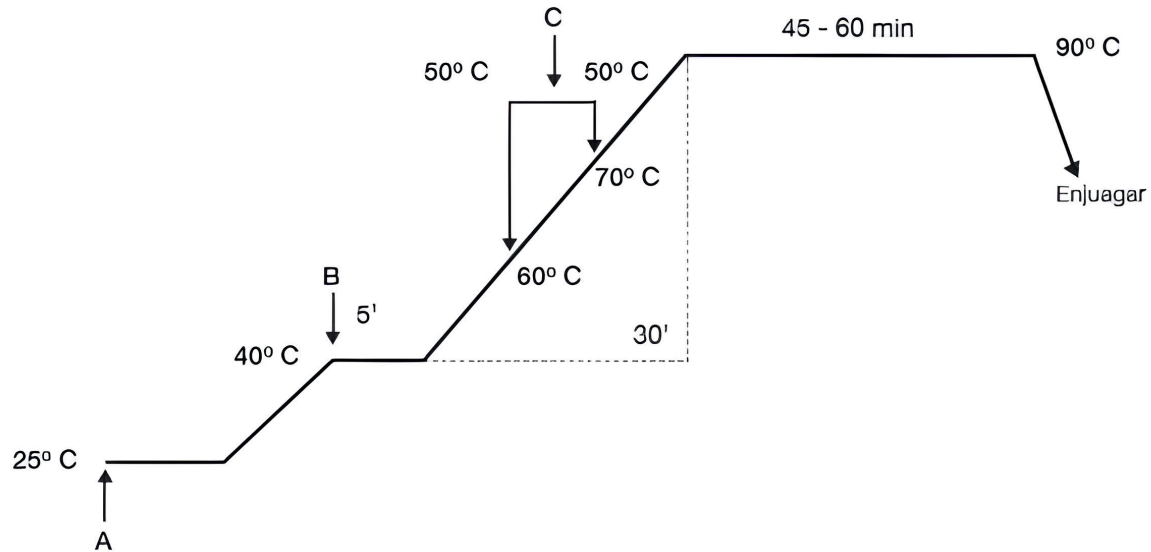
2) Proceso de blanqueo óptico



Fuente: MANUAL PARA LA TINTURA DE FIBRAS NATURALES (CELULOSICAS y PROTEINICAS) CURVAS DE PROCESOS CON TINTES INDUSTRIALES.

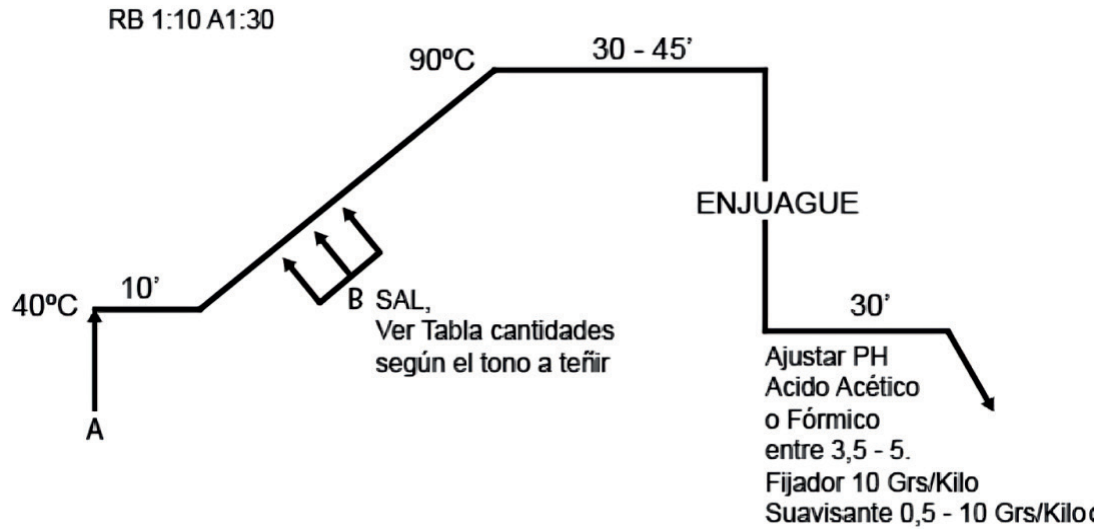
3) Curva de teñido con colorantes directos – algodón (fibras celulósicas)

RELACION DE BANO (RB): 1/10



Fuente: MANUAL PARA LA TINTURA DE FIBRAS NATURALES (CELULOSICAS y PROTEINICAS) CURVAS DE PROCESOS CON TINTES INDUSTRIALES.

4) Curva de teñido con colorantes ácidos – lana (fibras proteínicas)



Fuente: MANUAL PARA LA TINTURA DE FIBRAS NATURALES (CELULOSICAS y PROTEINICAS) CURVAS DE PROCESOS CON TINTES INDUSTRIALES.

ANEXO 2

Análisis de Riesgo – Definición del impacto de Riesgo, *A guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK GUIDE Sixth Edition*

Definiciones de la probabilidad de impactos de los riesgos. Las definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos son específicas al contexto del proyecto y reflejan el apetito al riesgo y los umbrales de la organización y los interesados clave. El proyecto puede generar definiciones específicas de los niveles de probabilidad e impacto, o puede comenzar con definiciones generales proporcionadas por la organización. El número de niveles refleja el grado de detalle requerido para el proceso Gestión de los Riesgos del Proyecto, utilizando más niveles para un enfoque más detallado del riesgo (típicamente cinco niveles), y menos para un proceso sencillo (normalmente tres). La Tabla 11-1 proporciona un ejemplo de las definiciones de probabilidad e impactos sencillos contra tres objetivos del proyecto. Estas escalas se pueden utilizar para evaluar las amenazas y las oportunidades mediante la interpretación de las definiciones de impacto como negativo para las amenazas (retardo, costo adicional y déficit de desempeño) y positivo para las oportunidades (reducción del tiempo o del costo y mejora del desempeño).

Tabla 11-1. Ejemplo de Definiciones para Probabilidad e Impactos

ESCALA	PROBABILIDAD	+/- IMPACTO SOBRE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO		
		TIEMPO	COSTO	CALIDAD
Muy alto	>70%	>6 meses	>\$5M	Impacto muy significativo sobre la funcionalidad general
Alto	51-70%	3-6 meses	\$1M-\$5M	Impacto significativo sobre la funcionalidad general
Mediano	31-50%	1-3 meses	\$501K-\$1M	Algún impacto sobre áreas funcionales clave
Bajo	11-30%	1-4 semanas	\$100K-\$500K	Impacto menor sobre la funcionalidad general
Muy bajo	1-10%	1 semana	<\$100K	Impacto menor sobre las funciones secundarias
Nulo	<1%	Sin cambio	Sin cambio	Ningún cambio en la funcionalidad

Matriz de probabilidad e impacto. Descrito en la Sección 11.3.2.6. Las reglas de priorización pueden ser especificadas por la organización con anterioridad al proyecto y ser incluidas en los activos de los procesos de la organización, o pueden ser adaptadas para el proyecto específico. Las oportunidades y las amenazas están representadas en una matriz común de probabilidad e impacto utilizando definiciones de impacto positivo para las oportunidades y definiciones de impacto negativo para las amenazas. Se pueden utilizar para la probabilidad y el impacto términos descriptivos (como muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) o valores numéricos. Cuando se utilizan valores numéricos, estos pueden ser multiplicados para dar una puntuación de probabilidad de impacto para cada riesgo, lo que permite que la prioridad relativa de los riesgos individuales sea evaluada dentro de cada nivel de prioridad. Un ejemplo de matriz de probabilidad e impacto se presenta en el Gráfico 11-5, que también muestra un posible esquema de puntuación numérica del riesgo.

		Amenazas					Oportunidades						
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05	Muy alta 0,90	Probabilidad
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04	Alta 0,70	
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	Mediana 0,50	
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02	Baja 0,30	
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	Muy baja 0,10	
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80	Muy alto 0,80	Alto 0,40	Moderado 0,20	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
Impacto negativo						Impacto positivo							

Gráfico 11-5. Ejemplo de Matriz de Probabilidad e Impacto con Esquema de Puntuación

ANEXO 3 – GLOSARIO

A

Acidulante: Es utilizado para obtener un pH ácido apropiado para el teñido.

B

Blanqueador óptico. Es un tipo de colorante que usa para tener un efecto más brillante y vivo con el color blanco.

C

Cambio climático: Hace referencia a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Si bien estos cambios pueden ser naturales, desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles.

Colorante. Es un compuesto orgánico que al aplicarlo a un sustrato (generalmente una fibra textil pero también a cuero, papel, plástico o alimento) le confiere un color más o menos permanente.

D

Desarrollo sostenible: Aquel desarrollo que pueda satisfacer las necesidades para las generaciones actuales y futuras sin dañar a los recursos o los organismos biológicos en el planeta.

Detergente. Eliminan rastros de suciedad e impurezas que puedan alterar el teñido de la prenda.

Dispersante. Estos auxiliares mantienen en suspensión al colorante durante la tintura, por lo tanto, entre más intenso es el matiz de la misma, será menor la adición del dispersante. Ya que el auxiliar separa las partículas del colorante y neutraliza la atracción de cohesión entre ellas.

E

Economía circular: Enfoque sistémico para el diseño de procesos, productos/ servicios y modelos de negocio, que permite el crecimiento económico sostenible mediante la gestión de los recursos de manera más eficaz como resultado de hacer que el flujo de materiales sea más circular y reducir y, en última instancia, eliminando desperdicios. La energía necesaria para alimentar esto debería ser extremadamente eficiente y renovable por naturaleza.

Efluente. Líquido que procede de una planta industrial.

Efluente Tipo 1. Efluente con carga contaminante mínima, que requiere solo de un tratamiento primario, de filtración para poder ser recirculado y utilizado en inodoros, riego y limpieza.

Efluente Tipo 2. Efluente con carga contaminante baja, generada en la etapa de lavado, que contiene restos de detergente y otros insumos que facilitan la limpieza. Requieren de enfriamiento y un tratamiento básico para poder ser recirculados y utilizado en inodoros, riego y limpieza.

Efluente Tipo 3. Efluente con carga contaminante media, proveniente de enjuagues de procesos más complejos, con insumos diferentes a los detergentes. Se clasifican como aguas grises que requiere tratamientos específicos, para poder ser recirculado y utilizado en inodoros, riego y limpieza.

Efluente Tipo 4. Efluente con carga contaminante alta, que requiere de un tratamiento específico, completo, con técnicas avanzadas y específicas para colorantes, antes de ser recirculado y utilizado en inodoros, riego y limpieza.

F

Fijador. Evita que la prenda o tela al ser lavada suelte el colorante.

H

Humectante. Produce la tensión superficial durante la preparación, facilitando la saponificación, ayudando a la penetración del colorante dentro de la fibra.

I

Igualador. Ayuda a que el colorante sea distribuido de manera uniforme en la tela, evitando generar manchas.

R

Retardante. Son usados para regular la velocidad de subida de los colorantes, compitiendo por los grupos de saturación de la fibra.

S

Secuestrante. Ayuda a mejorar el lavado y limpieza de la fibra, debido a que, ataca el agua dura.

Suavizante. Genera un efecto suave en la tela.

06. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia; MANUAL PARA LA TINTURA DE FIBRAS NATURALES (CELULOSICAS Y PROTEINICAS) CURVAS DE PROCESOS CON TINTES INDUSTRIALES, 2018.
- (2) Ospina Rendón, Celeste; Montoya Arango, Jorge Augusto; García Palacio, Jenny Adriana; Oportunidades de Producción Más Limpia en tintorerías del sector textil; *Scientia Et Technica*, vol. XIII, núm. 37, diciembre, 2007, pp. 603-608.
- (3) Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles - CPTS; Método para evaluar la eficiencia de los procesos productivos y de sus operaciones unitarias mediante el análisis del comportamiento de los consumos específicos en función de los volúmenes de producción, 2006.
- (4) Instituto Boliviano de Normalización y Calidad; Norma Boliviana NB 61004 – “Sistemas de Producción Más Limpia (PML) – Guía para la implementación de la norma NB 61002”, 2011.
- (5) Vandevivere, P.C., Bianchi, R. & Verstraete, W., 1998. *Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of emerging technologies. Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 72(4), pp.289–302.
- (6) Campos Ruiz, Claudia, 2017. Colorantes Usados en Textiles Artesanales e Industriales. Análisis mediante Espectroscopia Raman de Anilinas Sintéticas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias, Escuela de Pregrado, pp. 12.
- (7) Lockuán Lavado, Fidel Eduardo, 2012. La Industria Textil y su Control de Calidad – Tintorería, Versión 0.1. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported. <http://fidel-lockuan.webs.com>.



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



¡SOMOS EL GOBIERNO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN!



/MDPyEPBolivia



@MDPyEPBolivia



@mdpyep.bolivia



/MDPyEPBolivia



@mdpyep_bolivia

Av. Mariscal Santa Cruz, edif. Centro de Comunicaciones La Paz,
piso 20. Tel: (591-2) 2184444 - Fax: (591-2) 2124933
www.produccion.gob.bo