

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS



CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
ECOEficiencia DE PROCESOS INDUSTRIALES

**ANÁLISIS TEÓRICO SOBRE LA FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE  
ECOEficiencia EN LA SUSTITUCIÓN DE TINTES SINTÉTICOS POR TINTES  
NATURALES EN DETERMINADA INDUSTRIA TEXTIL**

PRESENTADO POR:  
**ALFARO JIMÉNEZ, JULISSA ELAINE**  
**ROBLES BURGOS, RODRIGO ERNESTO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
**INGENIERO QUÍMICO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, 8 DE DICIEMBRE DE 2023**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

SECRETARIO GENERAL:

**LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA**

SECRETARIO:

**ARQ. RAUL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

DIRECTORA INTERINA:

**INGA. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
ECOEficiencia DE PROCESOS INDUSTRIALES

**ANÁLISIS TEÓRICO SOBRE LA FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DE  
ECOEficiencia EN LA SUSTITUCIÓN DE TINTES SINTÉTICOS POR TINTES  
NATURALES EN DETERMINADA INDUSTRIA TEXTIL.**

Para optar al título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

**ALFARO JIMÉNEZ, JULISSA ELAINE  
ROBLES BURGOS, RODRIGO ERNESTO**

Docente asesor:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

CIUDAD UNIVERSITARIA, 8 DE DICIEMBRE DE 2023

**Trabajo de Grado aprobado por**

**DOCENTE ASESOR**

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

## **AGRADECIMIENTOS**

Rodrigo Robles:

Luego de mucho tiempo, más de lo esperado, este camino se ha completado y no me queda más que mencionar a toda la gente que ha aportado su grano de arena para que llegase a este punto.

Primero, a mi familia, a mi mamá y papá que en todo momento me dieron su apoyo para continuar este camino, aconsejándome, dando aliento y mostrándose siempre atentos a lo que necesitase. Siempre encontré en ellos un pilar fundamental para conseguir este objetivo y se queda corto decir que sin ellos no lo hubiese logrado. A mi hermano por darme su apoyo y ayuda en lo posible para este camino del que ahora él está siendo parte. A mi abuela, aunque ella ya no puede acompañarme en este momento sé que sigue pendiente de mi desde el cielo, mi segunda madre y la persona que siempre supo ver en mis las capacidades que tenía por más que dudara y de darme amor en todos esos momentos en los que más los necesitaba.

A mis amigos que siempre estuvieron para oír mis dudas. A mis amigos de la universidad Oscar, Nayheli y Eduardo que logramos crear una buena sinergia de trabajo y nos impulsamos los unos a los otros para ser mejores estudiantes y en un futuro mejores profesionales. Como mención especial dentro de la universidad está mi compañera de tesis, Julissa. El pilar fundamental de toda esta etapa universitaria, dentro de la vida conocemos pocas personas que nos marcan y en este camino, a veces sinuoso, que ha sido la universidad siempre fue un faro para llegar al destino esperado.

A todos los profesores que marcaron con sus diferentes metodologías de enseñanza mi formación académica.

Julissa Alfaro:

Ante el circunvecino desenlace de una etapa más como estudiante; agradezco a Dios por tan importante oportunidad de llegar a estas instancias, donde una meta más se ve alcanzada. Quiero expresar mi profunda gratitud a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi roca durante todo este proceso: A mamá y papá, su amor, aliento y apoyo constante han sido mi fuente de inspiración en cada uno de los momentos; a mis hermanos, por comprender las largas horas dedicadas a cumplir con esta meta. En el transcurso de esta intensa travesía académica, mis abuelos han sido el pilar fundamental que ha sostenido mis sueños y aspiraciones, gracias por todo su apoyo y siempre creer en mí; a mis tíos que han sido siempre los mejores del mundo, sus palabras alentadoras y amor han sido mi faro en las noches más oscuras de este desafiante viaje; a mi amado Tío Levi que ya no logró verme culminar este proceso pero ha sido mi lumbrera en todo momento, mi guía y fortaleza para no dejar de creer en que si se puede, este triunfo es tan tuyo como mío.

En este sendero académico, la contribución invaluable de mis amigas Karla, Yaquelyn, Iveth y Andrea han sido un regalo preciado, su comprensión y aliento constante han hecho de cada obstáculo un paso más cerca de la meta; agradezco a mi amiga Allison este logro lleva consigo cada uno de sus gestos de ánimos y su apoyo; mis queridos amigos y compañeros de viaje académico Oscar, Eduardo y Nayheli, no tengo palabras suficientes para agradecerles; sus risas, ánimos y el compañerismo compartido han convertido este desafío en una experiencia memorable; a Rodrigo en particular, por ser mi compañero de este proyecto y por estar siempre a mi lado brindándome no solo apoyo académico sino también un hombro en el que apoyarme. Agradezco especialmente a David cada gesto de apoyo, cada palabra de aliento y su constante presencia, celebrando los éxitos y superando los obstáculos juntos.

Agradezco a cada uno de los docentes que pude tener en la carrera de Ingeniería Química por sus enseñanzas compartidas, mencionar que son fuente de inspiración profesional.

Este logro académico es un testimonio no solo de mi dedicación, sino también de las personas que me han rodeado. A medida que reflexiono sobre este viaje, me doy cuenta de que el apoyo de mi familia y amigos no solo ha sido instrumental, sino que ha dado forma a mi experiencia. Cada conversación, cada gesto de ánimo, ha dejado una marca indeleble en este trabajo. Este logro lleva consigo la esencia de nuestra colaboración y amistad. Mi más sincero agradecimiento a todos ustedes por ser la fuerza impulsora detrás de mis logros y por formar parte integral de este capítulo de mi vida. Este éxito es nuestro, y estoy eternamente agradecida por cada uno de ustedes que ha dejado su huella en esta travesía.

## **RESUMEN**

Este trabajo de graduación presenta un análisis teórico exhaustivo sobre la aplicación ecoeficiencia en la industria textil, específicamente en la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales. La investigación se centra en evaluar el impacto ambiental y económico de esta transición, considerando los procesos de producción, los recursos naturales involucrados y los costos asociados.

El estudio comienza con una revisión detallada de la literatura existente sobre ecoeficiencia, tintes sintéticos y tintes naturales. La metodología empleada implica un análisis comparativo entre los procesos de tintura sintética y natural, considerando factores como el tratamiento de aguas haciendo una comparación entre el tratamiento de aguas de los tintes sintéticos y los naturales. También se realiza un estudio de costos para evaluar la viabilidad económica de la implementación de tintes naturales en lugar de sintéticos.

Los resultados más relevantes de esta investigación indican que la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales es factible desde el punto de vista técnico y ambiental. Se demuestra que los tintes naturales pueden ser una alternativa viable y sostenible, reduciendo significativamente el impacto ambiental de la industria textil. Además, el análisis de costos revela que, a pesar de ciertas inversiones iniciales, a largo plazo, la adopción de tintes naturales puede ser económicamente beneficiosa para las empresas textiles, especialmente considerando las crecientes demandas del mercado por productos respetuosos con el medio ambiente.

El reto más grande del trabajo de investigación fue la búsqueda de información ya que la información de los tintes sintéticos puede ser bastante resguardadas por parte de las empresas. Por lo que a futuro se tiene una amplia ventana de desarrollo al obtener un acceso a la información más flexible y así conocer de primera mano lo que las empresas están utilizando y plantear de primera mano la sustitución de los ingredientes sintéticos.

## ÍNDICE

Introducción .....	1
CAPÍTULO I. ALCANCES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Contexto.....	2
1.2 Definición del problema .....	4
1.3 Hipótesis de trabajo .....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General: .....	6
1.4.2 Objetivos específicos:.....	6
1.5 Justificación .....	6
1.6 Beneficios esperados.....	7
1.7 Delimitación y limitaciones.....	8
1.8 Antecedentes .....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Tintes sintéticos .....	11
2.1.1 Síntesis y purificación de tintes .....	11
2.2 Tintes naturales .....	11
2.2.1 Clasificación según su origen .....	12
2.2.2 Clasificación según su fibra.....	13
2.2.3 Clasificación según su estructura química.....	15
2.2.4 Tintes naturales empleados sobre fibras .....	18
2.2.1 Ventajas de los colores naturales .....	20
2.2.2 Desventajas de los tintes naturales .....	22
2.2.3 Solidez de los tintes naturales .....	22
2.3 Impacto ambiental de los tintes en la industria textil.....	23
CAPITULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO INVESTIGATIVO. ....	29
3.1 Metodología .....	29
3.2 Procesos de producción con tintes sintéticos.....	29
3.2.1 Tejido.....	29
3.2.2 Descrude y blanqueo.....	30
3.2.3 Tintura.....	31
3.2.4 Acabado .....	32
3.2.5 Exprimido y secado .....	32

3.2.6 Compactado .....	33
3.2.7 Empaquetado .....	33
3.3 Diagrama de proceso de producción con tintes sintéticos. ....	33
3.3.1 Rejillas y desarenado .....	35
3.3.2 Homogenización .....	35
3.3.3 Control de pH .....	35
3.3.4 Ajuste de temperatura .....	35
3.3.5 Trampa de grasas .....	35
3.3.6 Reactor biológico de manto de fangos (aerobio).....	35
3.3.7 Equipo de floculación en línea .....	35
3.3.8 Clarificador DAF (Flotación por aire disuelto) .....	36
3.3.9 Filtro de arena.....	36
3.4 Parámetros de control en la producción con tinte sintéticos.....	36
3.5 Productos auxiliares en la producción con tintes sintéticos.....	38
3.5.1 Dispersante .....	38
3.5.2 Secuestrante .....	38
3.5.3 Sal Textil.....	38
3.5.4 Álcali.....	38
3.6 Receta aplicada para la producción con tintes sintéticos .....	39
3.7 Procesos de producción con tinte naturales. ....	40
3.7.1 Proceso de fijado.....	40
3.7.2 Preparación de proceso de teñido .....	41
3.7.3 Lavado .....	43
3.8 Resultados Obtenidos .....	44
3.8.1 Resultados de procesos de teñido .....	44
3.8.2 Resultados de Impacto ambiental.....	47
3.8.3 Análisis Financiero .....	52
CONCLUSIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA .....	64
ANEXOS .....	66

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Clasificación de los colores según su origen (Moldovan,2016). .....	12
Figura 2.2: Clasificación de los colores según su fibra (Moldovan,2016). .....	13
Figura 2.3: Clasificación de los colores según su estructura química (Moldovan,2016). .....	16
Figura 3.1: Proceso de teñido natural.....	48
Figura 3.2: Proceso de fijado natural.....	49
Figura 3.3: Resultado final del proceso de teñido en algodón.....	49
Figura 3.4: Flujo de caja de tintes sintéticos.....	57
Figura 3.5: Flujo de caja de tintes naturales.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Componentes de una tintura con tintes reactivos (Fuente: Bolaños, 2010).....	14
Tabla 2.2: Componentes de una tintura con tintes directos (Fuente: Bolaños, 2010).....	15
Tabla 2.3: Colorantes naturales empleados sobre fibras. (Moldovan,2016).....	18
Tabla 3.1: Parámetros de control en máquina y teñido.....	36
Tabla 3.2 Receta color aplicado para estudio.....	39
Tabla 3.3: Sal y álcalis según porcentaje de colorante usado.....	40
Tabla 3.4: Paleta de colores con fruto achiote.....	44
Tabla 3.5: Paleta de colores con fruto café.....	45
Tabla 3.6: Paleta de colores con estopa de coco.....	45
Tabla 3.7: Paleta de colores con fruto guayabo.....	46
Tabla 3.8: Límites permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales de tipo especial vertidas a medio receptor”, N° 31 “Hilados, tejidos y acabados textiles” RTS 13.05.01:18.....	47
Tabla 3.9: Resultados de propiedades fisicoquímicas de aguas residuales con tintes sintéticos.....	47
Tabla 3.10 Resultados de análisis de aguas residuales de proceso de teñido con tinte natural.....	50

Tabla 3.11: Inversión inicial de procesos con tintes sintéticos.....	52
Tabla 3.12: Inversión inicial para proceso de teñido con tinte natural.....	53
Tabla 3.13: Costos fijos anuales para tintes sintéticos.....	54
Tabla 3.14: Costos fijos anuales para tintes naturales.....	54
Tabla 3.15: Costos variables anuales de proceso con tintes sintéticos.....	55
Tabla 3.16: Costos variables de proceso con tintes naturales.....	56
Tabla 3.17: Resumen de análisis financiero.....	57
Tabla 3.18 : Flujo de caja de tintes sintéticos.....	58
Tabla 3.19 : Flujo de caja de tintes naturales.....	58

## **Introducción**

La industria textil, un pilar fundamental de la economía global, ha sido históricamente asociada con la explotación de recursos naturales y la emisión de contaminantes ambientales. En la búsqueda de prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, se ha generado un interés creciente en la adopción de enfoques ecoeficientes. En este contexto, este trabajo se enfoca en un área crucial de la producción textil: el teñido. El teñido es un proceso esencial en la industria textil, ha estado dominada por el uso de tintes sintéticos. Sin embargo, esta práctica ha llevado a consecuencias ambientales significativas, como la contaminación del agua y la acumulación de desechos tóxicos.

La presente investigación surge de la necesidad apremiante de encontrar soluciones sostenibles para la industria textil. El enfoque principal de este estudio es el análisis teórico sobre la factibilidad de aplicar ecoeficiencia en la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales en una industria textil específica. A través de una revisión exhaustiva de la literatura existente, este trabajo resumirá la investigación bibliográfica más relevante y los antecedentes de investigación relacionados con la ecoeficiencia en la industria textil y el teñido de tela.

La primera sección de esta introducción proporcionará una visión panorámica de los problemas ambientales derivados del uso de tintes sintéticos en la industria textil. Se discutirán los impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como en la salud humana. A continuación, se presentará un resumen detallado de la investigación bibliográfica más relevante en el campo de la tintura ecoeficiente, incluyendo estudios previos sobre tintes naturales, sus propiedades, ventajas y limitaciones.

A medida que avanzamos en este trabajo, será crucial comprender los fundamentos teóricos que respaldan la ecoeficiencia y cómo estos principios pueden integrarse en la industria textil. Se explorará cómo la ecoeficiencia puede no solo reducir el impacto ambiental de la producción de tintes, sino también mejorar la eficiencia económica de las empresas textiles.

En última instancia, esta investigación busca arrojar luz sobre las posibilidades y desafíos asociados con la transición hacia la utilización de tintes naturales en lugar de sintéticos en una industria textil específica. Al hacerlo, se pretende contribuir al cuerpo creciente de conocimiento en el campo de la ecoeficiencia y proporcionar orientación práctica para las empresas que buscan adoptar prácticas más sostenibles en su producción.

## **CAPÍTULO I. ALCANCES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.1 Contexto**

El uso de los tintes se remonta a cientos de años en todas las sociedades por todo el mundo. Incluso antes de que la gente empezara a hilar y a llevar ropa se aplicaban tierras coloreadas, y savias de plantas en su piel con distintas finalidades. El color de los tejidos ha marcado históricamente la diferenciación social, de autoridad, de casta, de religión, de sexos. En todas las civilizaciones existió la necesidad de dar color a los tejidos, pero cada una desarrolló diferentes técnicas con diferentes tintes aprovechando los recursos naturales de su entorno extrayendo nuevos colores y aumentando el conocimiento de las propiedades de tinción tanto de plantas, animales como de minerales. (S.Maldovan, 2016).

La industria textil es una de las más antiguas y extendidas del mundo. La química ha desempeñado un papel clave en su desarrollo y ha contribuido a la creación de nuevos materiales y procesos que han mejorado la calidad y eficiencia en la producción. La química de la fibra textil es esencial para entender las propiedades y características de los materiales utilizados en la industria textil.

La química de los tintes en la industria textil es un campo de la química orgánica que se ocupa de la síntesis, el análisis y la aplicación de compuestos orgánicos que confieren color a los textiles. Desde la antigüedad, el hombre ha utilizado plantas, minerales y animales para obtener tintes naturales que le permitieran teñir sus tejidos. Sin embargo, la química de los tintes en la industria textil ha evolucionado notablemente en los últimos siglos, gracias al desarrollo de nuevos compuestos químicos y a la aplicación de técnicas analíticas cada vez más sofisticadas.

Los tintes son compuestos orgánicos que contienen grupos cromóforos, es decir, grupos funcionales que absorben selectivamente la luz visible y la reemiten en forma de color. Los grupos cromóforos más comunes son los grupos azo, antraquinona, ftalocianina y diazo, entre otros. Estos grupos se encuentran unidos a un grupo auxocromo, que modifica la absorción y emisión de luz y permite que el colorante se fije al textil.

En la actualidad se utilizan diferentes tipos de tintes en las industrias, clasificados en dos grandes grupos: los tintes y los pigmentos.

Los tintes pueden ser definidos como sustancias que cuando son aplicadas a un sustrato, imparte color al sustrato. Los tintes son retenidos en el sustrato por absorción, retención mecánica, o por un enlace iónico o covalente.

Los tintes presentan diversas propiedades físicas y químicas que determinan su comportamiento en la industria textil. Por ejemplo, los tintes pueden ser solubles o insolubles en agua, dependiendo de su estructura química. Los tintes solubles se aplican generalmente en forma de solución acuosa, mientras que los tintes insolubles se dispersan en el textil mediante técnicas de pigmentación.

Otra propiedad importante de los tintes es su estabilidad, es decir, su capacidad para mantener su color original frente a la luz, el lavado y otros factores externos. La estabilidad de los tintes depende de su estructura química, así como de las condiciones de aplicación y uso. Algunos tintes son más estables que otros y requieren de cuidados especiales para mantener su color durante la vida útil del textil.

La síntesis de los tintes es un proceso complejo que implica la preparación de los precursores, la formación del compuesto colorante y la purificación del producto. La mayoría de los tintes se sintetizan a partir de compuestos aromáticos, que se someten a reacciones de diazotación, acoplamiento y oxidación para formar el colorante deseado. La síntesis de tintes requiere un conocimiento profundo de la química orgánica, así como de técnicas de purificación y análisis.

Los tintes se clasifican según su estructura química y su aplicación en la industria textil. Por ejemplo, los tintes azo son los más comunes y se utilizan para teñir textiles de algodón, lana y seda. Los tintes antraquinona se utilizan para teñir fibras sintéticas como el poliéster, mientras que las ftalocianinas se utilizan en la tintura de telas de alta gama como la seda y el lino. Además, existen tintes especiales como los reactivos, que se utilizan para teñir fibras celulósicas y son conocidos por su alta solidez al lavado y su baja toxicidad.

La aplicación de los tintes en la industria textil es un proceso complejo que implica el control de diversas variables, como la temperatura, el pH, el tiempo de reacción y la concentración

del colorante. La selección del colorante adecuado depende de factores como el tipo de fibra, el color deseado y la aplicación prevista del textil.

La industria textil se enfrenta a diversos desafíos en la actualidad, relacionados con la sostenibilidad, la toxicidad y la eficiencia de los procesos. En este sentido, la química de los tintes juega un papel clave en la búsqueda de soluciones más sostenibles y seguras para la industria.

En primer lugar, la sostenibilidad es un aspecto crucial para la industria textil, dado el impacto ambiental que generan sus procesos productivos. En este sentido, se están desarrollando tintes más sostenibles y amigables con el medio ambiente, como los tintes obtenidos a partir de fuentes renovables. También se están implementando procesos de tintura más eficientes y menos contaminantes, como la tintura en fase vapor y la tintura sin agua. En segundo lugar, la toxicidad es otro desafío importante para la industria textil, dado que muchos tintes convencionales son tóxicos para los seres humanos y el medio ambiente. En este sentido, se están desarrollando tintes más seguros y menos tóxicos, como los tintes reactivos y los tintes catiónicos. Por último, la eficiencia de los procesos es un desafío clave para la industria textil, dado que muchos procesos de tintura son altamente energéticos y consumen grandes cantidades de agua y productos químicos. En este sentido, se están desarrollando procesos de tintura más eficientes y menos intensivos en recursos, como la tintura en fase vapor y la tintura sin agua.

## **1.2 Definición del problema**

La industria textil es una de las más contaminantes del planeta debido al gran consumo de agua, energía y productos químicos que implica su producción. Uno de los procesos más dañinos para el medio ambiente es la tintura de los tejidos, ya que los tintes sintéticos utilizados contienen sustancias tóxicas que se filtran en los ríos y acuíferos cercanos, afectando a la salud de las personas y la biodiversidad de los ecosistemas. Hoy en día se puede encontrar una variedad de casos, recientes y antiguos, que al no brindar un buen servicio de tratamiento de aguas terminan contaminando sectores amplios de ríos y, por tanto, se observa que es necesario un cambio en estos procesos de teñido, enfocado en el uso de tintes naturales que disminuyen la contaminación hídrica generada y además que presente un beneficio económico a la empresa. La investigación tendrá su base en que los materiales serán de fácil

acceso y de índole orgánica sin ignorar la calidad del material producido (telas) que es un factor de vital importancia para cualquier empresa.

En este contexto, surge la necesidad de buscar alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente. Una de ellas es la aplicación de ecoeficiencia en la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales. La ecoeficiencia se refiere a la optimización del uso de los recursos naturales y la minimización del impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

La sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales puede ofrecer múltiples beneficios, como la reducción del impacto ambiental de la industria textil, la disminución del uso de sustancias tóxicas en el proceso de tintura y el fomento de la producción de materias primas sostenibles. Sin embargo, la implementación de esta estrategia puede tener también limitaciones en términos de viabilidad económica, calidad de los productos finales y aceptación del consumidor.

### **1.3 Hipótesis de trabajo**

- 1.3.1 La sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales en la industria textil puede reducir los impactos ambientales y mejorar la ecoeficiencia de la producción.
- 1.3.2 El uso de tintes naturales puede ser más costoso que el uso de tintes sintéticos, lo que podría dificultar la adopción de prácticas más sostenibles en la industria textil.
- 1.3.3 La implementación de prácticas de ecoeficiencia, como la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales, podría requerir una mayor inversión inicial, pero puede resultar en ahorros a largo plazo debido a la reducción de costos operativos y a los beneficios reputacionales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General:**

Generar una investigación teórica sobre la factibilidad ecoeficiente en la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales para determinada Industria Textil de El Salvador.

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- a) Realizar una investigación de campo de los principales tintes sintéticos utilizados en la industria textil.
- b) Realizar una investigación de los tintes naturales disponibles para la industria textil
- c) Comparar las hojas técnicas de tintes para generar posibles sustitutos de sintéticos por naturales.
- d) Evaluar la reducción del impacto ambiental al sustituir de tintes sintéticos por naturales.
- e) Crear un estudio económico que sea de referencia a empresas para mejorar sus ganancias con tintes naturales.

## **1.5 Justificación**

La industria textil es una de las más importantes a nivel mundial y ha sido una fuente de empleo y desarrollo económico en muchas regiones. La producción de textiles requiere de la utilización de tintes para darle color a los productos, lo que hace que la elección del color correcto sea esencial para el éxito en la industria, por tanto es importante mencionar que los tintes son la principal fuente en la industria textil y su uso ha sido una práctica común durante mucho tiempo y es por ello que en la actualidad, la industria textil se enfrenta a diversos desafíos relacionados con la sostenibilidad, la toxicidad, la contaminación y la eficiencia de los procesos.

A lo largo de la historia la producción de tintes sintéticos y su aplicación en la tintura de los textiles generan un impacto ambiental significativo, ya que los procesos de síntesis y tintura requieren grandes cantidades de energía y agua, y generan residuos y emisiones tóxicas; además, muchos tintes sintéticos son tóxicos y pueden afectar la salud humana y el medio

ambiente. Por esta razón, se debe de realizar una investigación de alternativas más sostenibles y menos tóxicas para contar con productos alternativos que suplan algunos de los usos que los sintéticos realiza ya que esto conlleva a reducir un poco ese impacto ambiental que se genera, entonces, buscar materias primas que no generen mayor o igual impacto ambiental y que sean sustentables es lo primordial.

Es por ello por lo que resaltando la importancia que tiene la ecoeficiencia de los procesos industriales para la Industria Textil se realiza en el presente trabajo una investigación de tipo teórico la cual genere una investigación sobre la factibilidad ecoeficiente en la sustitución de tintas sintéticas por tintas naturales para determinada Industria Textil de El Salvador.

Por tanto el presente trabajo es de valor teórico puesto que sirve como base para futuras investigaciones y a la vez para poder ejecutar proyectos relacionados en determinada industria textil dado que la sustitución de tintes sintéticos por opciones naturales presenta un potencial significativo para reducir el impacto ambiental en la industria textil debido a que la sustitución de tintes sintéticos por alternativas naturales no solo puede generar beneficios ambientales tangibles, sino que también fomenta prácticas más sostenibles en la cadena de producción textil

## **1.6 Beneficios esperados**

**1.6.1** Reducción del Impacto Ambiental: Se espera que el análisis teórico demuestre cómo la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales puede reducir el impacto ambiental de la industria textil. Esto podría incluir la disminución de la contaminación del agua y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que beneficiaría al medio ambiente.

**1.6.2** Mayores ingresos para la empresa: Al demostrar que los costos a la larga son menores para las empresas que utilicen procesos naturales de teñido se estará haciendo que la empresa obtenga menores ganancias con un producto de la misma calidad.

**1.6.3** Mejora de la Imagen de la Empresa: La adopción de prácticas más sostenibles, como el uso de tintes naturales, podría mejorar la imagen de la industria textil ante los consumidores conscientes del medio ambiente. Esto podría resultar en una mayor aceptación de los productos y un aumento en la demanda.

- 1.6.4** Cumplimiento de Regulaciones Ambientales: Si el análisis teórico muestra que la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales ayuda a la industria textil a cumplir con regulaciones ambientales más estrictas, esto podría ser un beneficio importante. Evitar multas y sanciones por incumplimiento de normativas ambientales es crucial para la sostenibilidad a largo plazo de la empresa.
- 1.6.5** Fomento de la Innovación: La investigación sobre la ecoeficiencia y la sustitución de tintes podría impulsar la innovación en la industria textil. Esto podría llevar al desarrollo de nuevos procesos de producción, métodos de teñido y tecnologías que no solo beneficien a la empresa en cuestión, sino también a toda la industria

## **1.7 Delimitación y limitaciones**

- 1.7.1** Disponibilidad de Datos: La disponibilidad de datos sobre la industria textil y la ecoeficiencia de los tintes naturales puede ser limitada, lo que podría afectar la exhaustividad de la investigación.
- 1.7.2** Factibilidad Práctica: Aunque el análisis teórico puede mostrar la factibilidad de la sustitución de tintes, la implementación práctica podría encontrar obstáculos no considerados en el estudio teórico.
- 1.7.3** Variabilidad de Resultados: Los resultados teóricos pueden depender en gran medida de las suposiciones y datos utilizados en el análisis. Las condiciones del mundo real pueden variar y afectar la aplicabilidad de los resultados.
- 1.7.4** Factores Externos: Eventos externos, como cambios en las regulaciones ambientales, la disponibilidad de materias primas o la demanda del mercado, pueden influir en la viabilidad de la sustitución de tintes y están fuera del control del estudio.
- 1.7.5** Recursos Limitados: Limitaciones de tiempo y recursos pueden afectar la profundidad y alcance de la investigación teórica, lo que podría influir en la capacidad de abordar todas las cuestiones pertinentes.

## **1.8 Antecedentes**

**1.8.1** Categorías de los tintes: Los tintes utilizados en la industria textil se clasifican en diversas categorías

- a) Tintes ácidos: Solubles en agua y se utilizan principalmente en fibras de proteína, como la lana y la seda. Se caracterizan por su capacidad para brindar colores vivos y una buena solidez al lavado y a la luz (Cooksey, 2016).
- b) Tintes básicos: Solubles en agua y se emplean en fibras sintéticas, como el poliéster. Ofrecen una amplia gama de tonalidades y son conocidos por su excelente solidez al lavado (Zollinger, 2003).
- c) Tintes reactivos: Reaccionan químicamente con las fibras, especialmente con las fibras de celulosa, como el algodón. Son capaces de formar enlaces covalentes con las fibras, lo que resulta en una alta solidez al lavado y una amplia variedad de colores (Shahid et al., 2017).
- d) Tintes dispersos: Insolubles en agua y se utilizan en fibras hidrofóbicas, como el poliéster y el nailon. Estos tintes se dispersan en partículas finas en una fase acuosa para teñir las fibras, ofreciendo una buena solidez al lavado y una amplia gama de tonos (Cooksey, 2016).

### **1.8.2 Fuerzas de unión color-fibra**

La industria textil depende en gran proporción de lo que son los tintes esto debido que es la materia prima principal que agrega colores y estilos a los diferentes tejidos.

Los tintes son sustancias químicas que se unen fuertemente a materiales textiles y son capaces de permanecer largos periodos de tiempo sin perder su color característico.

Para lograr que los tintes se mantengan unidos a las fibras de interés es muy importante mencionar que existen cuatro tipos de fuerzas las cuales hacen esto posible:

- a) Electrostáticas

Por ejemplo, en aquellas fibras que contienen grupos aniónicos y tintes catiónicos. En este caso hay una relación casi estequiométrica entre las cargas iónicas de la fibra y del colorante. Las fibras deben ser eléctricamente neutras, es decir cada fibra en solución salina y a un dado pH, intercambia el número correspondiente de iones de la solución para mantener la

neutralidad. Estos iones son remplazados por los del colorante en el baño. Esta situación se presenta en el teñido de las fibras animales (proteicas).

b) Fuerzas de Van der Waals

Solamente efectivas para la sorción sobre fibras no iónicas con moléculas de colorante dispuestas a distancias muy cortas de la superficie de la fibra, es el caso de las fibras vegetales -celulósicas- y tintes cuya estructura molecular es plana, de modo que las capas de colorante pueden ordenarse alternadamente con la fibra durante la sorción.

c) Puentes de hidrógeno

Tenemos el caso entre grupos carbonilo de la fibra de lana y OH fenólicos del colorante, o entre los grupos OH de las fibras celulósicas y del colorante.

d) Interacciones hidrofóbicas

Como en las asociaciones entrópicamente favorecidas de polímero fibra-colorante, ambos insolubles en agua.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Tintes sintéticos**

La fibra textil se puede definir como "un material textil natural o sintético con una estructura fibrosa y un alto grado de longitud en comparación con su diámetro. Martínez, S. F., Marín, G. F., & Vega, M. V. (2018).

El primer colorante sintético que se preparó fue la Muvine, preparado por William Henry Perkin en Inglaterra en 1856, esto marcó el inicio de los tintes sintéticos.

Los tintes sintéticos se obtienen por medio de síntesis química de compuestos que son orgánicos, sus características principales son que presentan una mayor estabilidad o adherencia al lavado y exposición de la luz; además que los tintes sintéticos son capaces de producir una amplia gama de tonos y a su vez, matices lo que permite hasta la fecha tener una mayor eficiencia económica que otro tipo de tintes

#### **2.1.1 Síntesis y purificación de tintes**

Cuando se habla de síntesis de tintes es importante resaltar que éste es un proceso complejo que requiere el conocimiento teórico y práctico con técnicas orgánicas y la ingeniería química; los tintes de tipo sintético se sintetizan a partir de precursores químicos mediante las reacciones de síntesis; estas pueden ser de reducción, oxidación, alquilación, entre otras. Mientras que, la purificación de los tintes sintéticos es un proceso que se desarrolla mediante técnicas analíticas de espectroscopia, cromatografía y espectrometría de masas, o bien mediante operaciones unitarias como lo es la destilación. La espectroscopía se utiliza para determinar la estructura molecular de los tintes sintéticos, mientras que la cromatografía y la espectrometría de masas se utilizan para separar y analizar los componentes de los tintes sintéticos.

### **2.2 Tintes naturales**

Los tintes utilizados en la industria textil son compuestos orgánicos complejos que contienen una estructura cromófora, que es la parte del compuesto responsable de proporcionar el color, y una o más estructuras auxocromas, que son grupos funcionales que mejoran la afinidad del

colorante por la fibra textil. La estructura cromófora es la parte más importante del colorante, ya que es responsable del color que se observa. La estructura cromófora puede ser una estructura aromática, un sistema conjugado de dobles enlaces o un grupo de metales de transición.

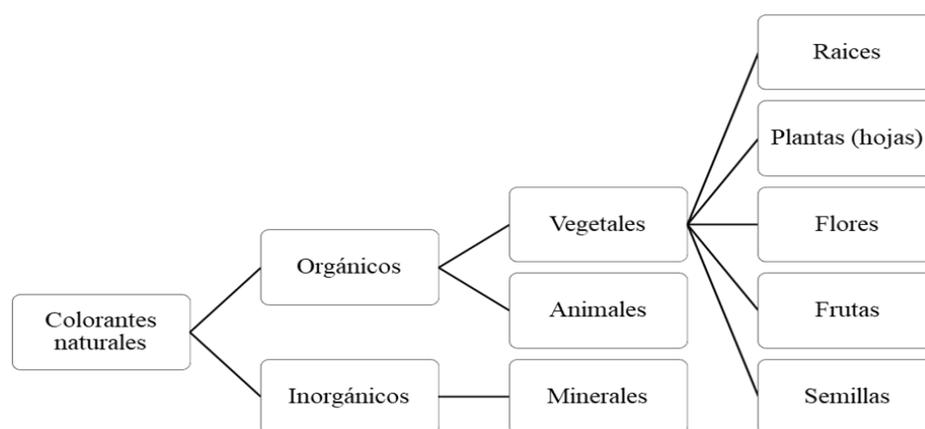
Los grupos auxocromos mejoran la afinidad del colorante por la fibra textil y, por lo tanto, mejoran la solidez del color. Los grupos auxocromos pueden ser grupos de aminas, hidroxilos, sulfonatos, carboxilatos, entre otros. La presencia de estos grupos auxocromos en la estructura química del colorante mejora la solubilidad del colorante en agua y otros solventes, lo que facilita su aplicación en la industria textil.

Los tintes naturales se obtienen de diversas fuentes naturales como, por ejemplo: las plantas, las flores, los minerales, vegetales, frutas, semillas, etc. Se utilizan desde siglos pasados en la industria textil y éstos son valorados específicamente por ser de origen sostenible.

Existen dos grandes tintes naturales; el primero es de las plantas y el segundo de los animales. (León Lima & Rodríguez Martínez, 2013). Sin embargo, clasificar los tintes naturales es muy diverso ya que pueden clasificarse según su origen, según su fibra o por su estructura química.

### 2.2.1 Clasificación según su origen

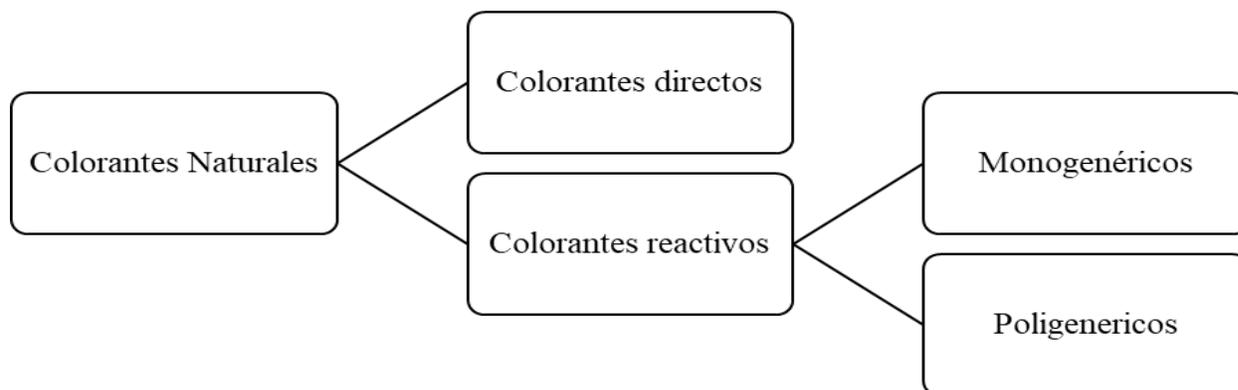
Según su origen se clasifican por orgánicos e inorgánicos y éstos a la vez pueden tener otra categoría, ya sea animal o vegetal; según lo mostrado en la Figura 2.1.



**Figura 2.1: Clasificación de los colores según su origen (Moldovan,2016).**

### 2.2.2 Clasificación según su fibra

Si se clasifica por su fibra es importante mencionar que se clasifica según la afinidad por la fibra a la que el color es aplicado; según lo mostrado en la Figura 2.2.



*Figura 2.2: Clasificación de los colores según su fibra (Moldovan,2016).*

Los colorantes reactivos son químicos que contienen un grupo funcional que reacciona con la fibra textil y forma enlaces covalentes lo que produce una unión duradera y con mayor fuerza entre la fibra y el color; por tanto, se usan comúnmente en la industria textil por su solidez estructural. Según Castillo y Pérez (2019), los colorantes reactivos también son capaces de teñir una amplia gama de fibras, como el algodón, la lana, la seda y las fibras sintéticas.

Los tintes reactivos se montan en las fibras de forma similar a los directos, es decir que la sal sirve de auxiliar para que el colorante se fije a la fibra. Aquí el colorante reactivo origina una reacción química con la fibra de celulosa en medio alcalino logrando que este quede impregnado en el algodón. Los tintes reactivos tienen un inconveniente, que además de reaccionar con la fibra celulósica también reaccionan con el agua, lo que se conoce como colorante hidrolizado; para asegurar una buena solidez húmeda al lavado es necesaria la remoción completa del colorante hidrolizado y se hace por medio del jabonado después de tintura. Existen diversos tipos de tintes reactivos y cada tipo tiene su propio proceso, tiempo, temperatura, cantidad de sal y álcali recomendada, como se puede ver en Tabla 2.1.

**Tabla 2.1: Componentes de una tintura con tintes reactivos (Fuente: Bolaños, 2010)**

Producto	Función
Sal (sulfato o cloruro sódico)	Montaje del colorante en la fibra.
Álcali (sosa cáustica o soda ash – carbonato de sodio)	Fijación del colorante.
Lubricantes	Mejoran la acomodación de la tela en las máquinas y evita que las fases del sustrato se peguen.
Antiespumantes	Evitan que la tela se enrosque.
Secuestrantes	Reduce la dureza.
Agente de jabonado	Usado en los baños después de la tintura para la remoción del colorante no fijado.

Los tintes aplicados en caliente son de baja reactividad, en los procesos de agotamiento necesitan de temperaturas altas para fijarse (80-98 °C). Los tintes aplicados en frío son de alta reactividad, en procesos de agotamiento necesitan de temperaturas bajas para fijarse (30-60 °C). Estos tintes pueden encontrarse en polvo o granulado y su dilución puede ser con agua blanda; con un máximo de temperatura de 60 °C y deben ser añadidos de forma lenta bajo agitación constante.

Los tintes directos se unen a la fibra textil a través de procesos y operaciones; como adsorción o puentes de hidrógeno; esta última se sabe que es menos fuerte que la que forma los reactivos (enlace covalente), por tanto, produce menor solidez que el colorante reactivo; generalmente se producen colores en los tonos que comúnmente se llaman tonos pasteles.

La disolución del tinte se puede hacer con agua hirviendo, algunos tintes negros requieren que se les añada un poco más de carbonato de sodio y el volumen de agua debe ser conforme a la cantidad de tintes y su solubilidad; además es recomendable usar agua blanda; en la tabla 2.2 se indican los productos que se utilizan en su tintura y su respectiva función.

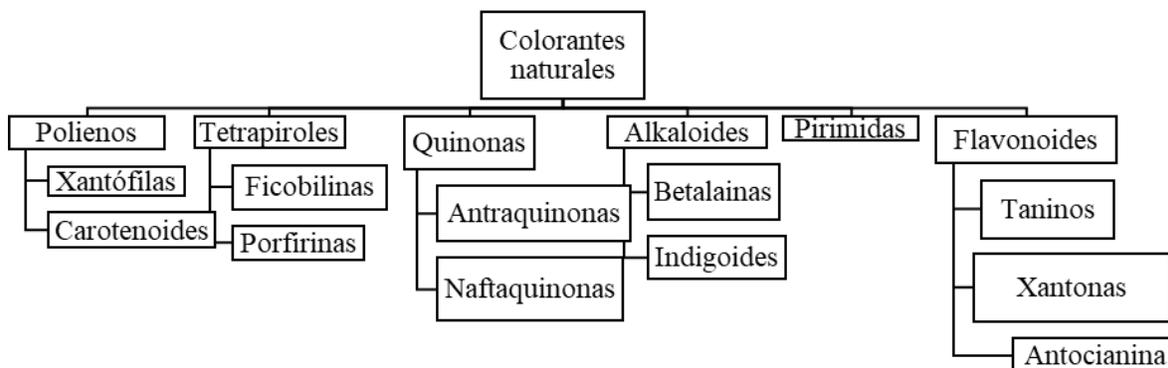
**Tabla 2.2: Componentes de una tintura con tintes directos (Fuente: Bolaños, 2010).**

Producto	Función
Sal (sulfato o cloruro sódico)	Montaje del tinte en la fibra
Igualadores	Mejora la igualación o migración del color, en ciertas tinturas no hay necesidad de usarlos.
Soda ash – carbonato de sodio	Aumenta el rendimiento y la solubilidad de ciertos negros directos.
Dispersante	Mejora la solubilidad del tinte, mantiene la dureza del baño en dispersión.

La sal auxilia mucho en el montaje del tinte directo en el tejido, es por ello que su dosificación debe ser hecha con mucha cautela. La sal debe ser de buena calidad es decir que sea baja en dureza (calcio y magnesio) y exenta de hierro, las cantidades a usar deben ser las correctas ya que el exceso puede provocar teñidos desiguales y con pésima solidez al frote. Es preferible empezar la tintura sin la adición de sal y añadirla únicamente cuando la tintura está hirviendo, dosificada en tres o cuatro partes en periodos de 10 minutos.

### **2.2.3 Clasificación según su estructura química**

Los colores pueden clasificarse a su vez de acuerdo a su estructura química, para ello se desglosa según Figura 2.3.



**Figura 2.3:** Clasificación de los colores según su estructura química (Moldovan,2016).

### 2.2.3.1 Polienos

Según Moldovan (2016), Los polienos son compuestos orgánicos con más de dos enlaces. Dentro del mundo de los colorantes se subdividen en dos grandes grupos:

- a) Carotenos: son un amplio grupo del que forman parte más de 400 sustancias diferentes. Son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los vegetales y animales
- b) Xantofilas: Son carotenoides que contienen átomos de oxígeno en su cadena principal. Se encuentran tanto en los vegetales como en los animales (luteína en la yema de huevo o la cantaxantina en la concha de los crustáceos). Cuando se encuentra en ciertos crustáceos aparece con tonos verdes o azulados al estar unidas a una proteína.

### 2.2.3.2 Tetrapirroles

Constan de cuatro anillos de pirrol

- a) Ficobilinas: químicamente son una cadena abierta de cuatro anillos de pirrol. Transfieren la energía absorbida por ellas a la clorofila. Básicamente se consideran dos

tipos de ficobilinas: Las ficoeritrinas (rojas) y las ficocianinas (azules). (Moldovan,2016)

- b) Porfirinas: Son cuatro anillos de pirrol unidos por medios de puente de metilo que constituyen un anillo mayor en el que se incluye un átomo metálico en el centro. El más conocido dentro de este grupo es la clorofila. (Moldovan,2016)

### **2.2.3.3 Quinonas**

Estos colores pueden ser desde un color amarillo suave hasta casi negro, se encuentran mayormente en vegetales.

### **2.2.3.4 Índigo**

El índigo es un tinte natural obtenido de las hojas de la planta de añil (*Indigofera tinctoria*). Es conocido por su tono azul profundo y se ha utilizado durante siglos en la industria textil. Es resistente al lavado y se utiliza en la fabricación de denim y prendas de mezclilla (Bala et al., 2019).

### **2.2.3.5 Flavonoides**

Son el grupo más amplio dentro de los colorantes naturales ya que abarcan prácticamente el 50%. Son sustancias responsables de los colores rojos, azulados o violetas de la mayoría de las frutas y flores, aunque tienen resistencia a la luz moderada. (Moldovan,2016)

### **2.2.3.6 Pirimidinas**

Es un componente importante de productos naturales tales como la vitamina B1, las purinas y los productos de degradación de los ácidos nucleicos. Las Fenazinas dan colores amarillo púrpura y las Pterinas blanco- amarillo. (Moldovan,2016)

## 2.2.4 Tintes naturales empleados sobre fibras

La tabla 2.3 muestra un listado de ejemplos de tintes naturales que son empleados sobre fibras

**Tabla 2.3: Tintes naturales empleados sobre fibras. (Moldovan,2016)**

Nombre	Descripción Botánica	Color
<p>Índigo (Índigo): Indigofera tinctoria.</p> <p><i>Se procesan las hojas y los tallos tiernos</i></p>	<p>Pertenece a la familia de las <i>Fabaceae</i> del orden de las fabales. Es una planta anual, bienal o perenne, dependiendo del clima donde crezca. Es un arbusto que crece entre uno y dos metros de altura. Esta naturalizada en Asia.</p>	<p>Químicamente es una mezcla de indigotina (azul) y un poco de indirubina (rosa). Para conseguirlos fermentan las hojas y se consigue el indican que se transforma en indigotina (sustancias incoloras) Al oxidarse con el aire la indigotina se convierte en índigo que da un azul intenso.</p>
<p>Cochinilla (Cochineal): Dactylopius coccus.</p> <p><i>Se emplea el ácido carmínico de mayor calidad (21% en peso) lo producen las hembras.</i></p>	<p>Pertenece a la clase Insecta del orden de las hemiptera. Es originario de Sudamérica y vive en los tallos de las tuneras (Cactus) o nopales de las cuales se alimenta extrayendo su savia a través de un estilete bucal.</p>	<p>El color lo proporciona el ácido carmínico que pertenece a las antraquinonas y que produce un rojo intenso color sangre fue tan apreciado en la antigüedad que consiguió importancia mundial.</p>

Continúa

**Tabla 2.3: Tintes naturales empleados sobre fibras. (Moldovan,2016) (Continuación)**

Nombre	Descripción Botánica	Color
<p>Catecú (Cutch): Acacia catechu.</p> <p><i>Principalmente se emplea su corteza.</i></p>	<p>Pertenece a la familia de las Fabaceae plantas del orden de las fabales. Es un pequeño árbol que puede medir hasta seis metros de altura. Es originaria de Indonesia, Malasia, Birmania y la costa malabar, aunque también se ha naturalizado en Jamaica.</p>	<p>El color lo proporciona el tanino catecol. Estos colorantes dan un rango de colores desde el marrón hasta el verde oliva (cuando se emplea cobre). Se usa también por sus ácidos tánicos</p>
<p>Palo Campeche (logwood): Haemotoxylum campechianum</p> <p><i>Principalmente se emplea su corteza.</i></p>	<p>Pertenece a la familia de las <i>Fabaceae</i> plantas del orden de las fabales. Es un árbol de hoja perenne que puede medir hasta seis metros de altura. Es originario de México, Guatemala y Belice.</p>	<p>El color varía del rojo violeta al púrpura, aunque con hierro puede ir del gris al negro.</p>

Continúa

**Tabla 2.3: Tintes naturales empleados sobre fibras. (Moldovan,2016) (Continuación)**

Nombre	Descripción Botánica	Color
<p>Rubia (Madder): <i>Rubia tinctorum</i>.</p> <p><i>Principalmente se emplea su raíz</i></p>	<p>Pertenece a la familia de las <i>Rubicaceae</i> plantas fanerógamas del orden de las gentianales. Es una planta perenne que puede crecer hasta el metro de altura. Es originaria de las regiones mediterráneas y se desarrolla mejor en zonas montañosas y húmedas.</p>	<p>El color lo proporcionan las antraquinonas conocidas como alizarina (1,2-dihidroxiantraquinona) y la purpurina (1,2,4-trihidroxiantraquinona). Estos colorantes dan un rango de colores desde el rojo (cuando el mordiente es aluminio puro) hasta el violeta (cuando se emplea hierro puro). El color cambia por la variedad y edad de la planta y por la técnica y habilidad de los tintoreros.</p>

## 2.2.1 Ventajas de los colores naturales

### 2.2.1.1 Sostenibilidad ambiental

Los tintes naturales generalmente se obtienen de fuentes renovables, como plantas, flores, raíces y cortezas de árboles, lo que reduce la dependencia de los recursos no renovables. Además, los procesos de extracción de tintes naturales tienden a generar menos residuos y emisiones tóxicas en comparación con los tintes sintéticos (Balakrishnan, 2020).

### 2.2.1.2 Salud y seguridad

Los tintes naturales suelen ser menos tóxicos y alergénicos en comparación con los tintes sintéticos, lo que los hace más seguros tanto para los trabajadores de la industria textil como para los consumidores finales (Kothari, 2011).

### **2.2.1.3 Valor cultural y artesanal.**

Los tintes naturales tienen una rica historia y tradición en diferentes culturas de todo el mundo. Su uso en la industria textil puede ayudar a preservar y promover técnicas artesanales tradicionales, a la vez que se fomenta el desarrollo de comunidades locales y se aprecia la diversidad cultural (Shahid-ul-Islam et al., 2018).

### **2.2.1.4 Calidad y aspecto estético.**

Los tintes naturales pueden proporcionar una gama diversa de colores y tonalidades, a menudo con una apariencia más suave y orgánica que los tintes sintéticos (Shahid-ul-Islam et al., 2018).

### **2.2.1.5 Atracción del consumidor.**

Existe una creciente demanda de productos textiles sostenibles y éticos por parte de los consumidores. Utilizar tintes naturales puede ser una estrategia de marketing efectiva para atraer a estos consumidores preocupados por el medio ambiente y la responsabilidad social (Kothari, 2011).

### **2.2.1.6 Alta diversidad de colores**

Estos se pueden combinar sin que existan incompatibilidades. (Moldovan, 2016)

### **2.2.1.7 pH**

El pH necesario para la tintura es neutro frente a las condiciones ácidas o alcalinas empleadas en la tintura con colorantes sintéticos. (Moldovan, 2016)

### **2.2.1.8 Fuente de empleo**

El cultivo de las plantas ayuda a la creación de empleo en zonas rurales repercutiendo en beneficios sociales como impulsar la economía de naciones en desarrollo proporcionando medios de vida sostenibles para los agricultores. (Moldovan, 2016)

### **2.2.2 Desventajas de los tintes naturales**

Al analizar desde el punto de vista económico los colorantes naturales presentan lo que son algunas desventajas al compararse con los tintes sintéticos; estos últimos como se sabe, cubren lo que son la mayor parte de la demanda de la industria textil la explicación puede ser razonada por su elevado costo, la menor estandarización de cada lote de color ya que depende mucho del material biológico del que fue extraído así como de su calidad, tienen menor poder tintóreo, su estabilidad al pH, calor así como a la luz es poca.

### **2.2.3 Solidez de los tintes naturales**

La solidez del color es definida como la propiedad de un pigmento o un colorante, a permanecer sobre un sustrato que puede ser muy diverso: cuero, tejido, papel, etc. tras su uso. Es decir, el sustrato, debe retener su matiz original y debe poder lavarse o usarse sin desteñirse.

#### **2.2.3.1 Solidez a la luz**

La solidez a la luz es el nivel de durabilidad del color de un producto textil frente a los factores externos a los que estará expuesto durante su uso. Se requiere de una escala para evaluar la resistencia a la luz, los valores van de 1 a 8; estos valores significan: 1=muy poco, 2=bajo, 3=moderado, 4= muy bueno, 5=bueno, 6=muy bueno, 7= excelente y 8= maravilloso. La mayoría de los tintes naturales presentan baja estabilidad a la acción de la luz (en cuanto los comparamos con los tintes sintéticos). La estabilidad relativa a la luz ha sido revisada durante mucho tiempo junto con estudios que tienen en cuenta cambios en la moda cualitativa, en obtener productos sostenibles desde el punto de vista medio ambiental. Los cambios de color han sido estudiados desde el punto de vista cualitativo. Los resultados obtenidos revelan baja solidez a la luz entre 1-2 para tintes amarillos (fusto viejo, bayas persas), los colores rojos (coquina, alizarina, laca) presentan mejores solidez entre 3-4, índigo presenta solidez a luz entre 3-4 o 5-6 (dependiendo de mordiente); y el negro del palo de Campeche presenta una solidez entre 4-5 o 6-7 (dependiendo de mordiente).

Una gran proporción de los tintes naturales requieren el empleo de mordientes. Existe una influencia muy fuerte de la naturaleza, tipo y concentración del mordiente en los rangos de

solideces al lavado y a la luz. Por estos motivos se intenta optimizar y mejorar esta propiedad de los colorantes naturales.

### **2.2.3.2 Solidez al lavado**

Algunos tintes sufren cambios en el matiz generados por el lavado, causados por una ligera alcalinidad en los baños de lavado, evidenciando la necesidad de saber el valor del pH de las soluciones empleadas para la limpieza de los textiles tintados con tintes naturales. Como una regla general, los tintes naturales poseen solideces moderadas al lavado y los valores de solidez al lavado de por ejemplo los tintes índigo y campeche son superiores a los tintes naturales como las bayas de aligustre y raíz de lirio de agua, pero comparando con los tintes naturales amarillos, rojos, rojos/morados, verdes y marrón existe una diferencia muy pequeña entre los dos grupos mencionados.

### **2.2.3.3 Solidez al frote**

La mayoría de los tintes naturales estudiados dan solidez al frote bueno sin necesidad de ningún tratamiento adicional. Por ejemplo, el árbol de jaca, manjistha, sándalo rojo, acacia, caléndula, etc. presentan buenas solideces al frote. También buenas solideces al frote (en seco y en húmedo) son obtenidas para la seda tintada con acalypha y otros colorantes naturales. (Moldovan, 2016)

## **2.3 Impacto ambiental de los tintes en la industria textil**

Los efluentes de la industria textil se caracterizan por fluctuaciones extremas en parámetros, tales como: la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH, color y salinidad; estas dependen de los insumos que se utilizan en todos los procesos involucrados, algunos de estos parámetros son contaminantes de carácter tóxico para organismos marinos.

Según (Bae S.J., Freeman S.H. y Kim D.S., 2006) en los efluentes textiles también pueden encontrarse restos de metales como cobre de los colorantes directos, reactivos. ácidos, premetalizados y mordante; níquel de colorantes reactivos, cromo de colorantes reactivos, ácidos, premetalizados y mordante; cobalto de colorantes ácidos y premetalizados.

De lo anterior, se observa que el cobre es de los metales más comunes presentados en los efluentes textiles; éste tiene la efectividad negativa a microorganismos y cultivos vegetales lo que ocasiona poca fertilidad de los suelos.

Actualmente existe una gran variedad de procesos para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria textil. Se han utilizado una amplia variedad de microorganismos los cuales han obtenido resultados variados en la degradación de este tipo de compuestos. (P. Zaruma, 2018).

Las aguas residuales provenientes de la industria textil ponen en riesgo el medio ambiente, al descargar sus efluentes con diversos contaminantes, sobre todo con los colorantes utilizados durante todo el proceso de producción. Actualmente, para este tipo de efluentes industriales existen diversos tratamientos terciarios, como son los procesos oxidación avanzada. (P. Zaruma, 2018).

Según Martínez, et. al. (2012), el uso de sustancias peligrosas en el sector textil es un problema amplio y generalizado que la industria no está asumiendo de forma adecuada.

La liberación de efluentes con colorantes de las industrias que los utilizan representa un serio problema ambiental y una preocupación para la salud pública. En particular, la descarga de efluentes coloreados al medio ambiente es indeseable no solo debido a su color, sino también porque algunos colorantes de estas aguas residuales y sus productos desgastadores son tóxicos o mutagénicos. Sin tratamientos adecuados, estos tintes se estabilizan y pueden permanecer en el ambiente durante mucho tiempo; por ejemplo, la vida media del reactivo hidrolizado blue 19, utilizado en textiles como la mezclilla es cercana a los 46 años. (Martínez, et. al. 2012)

Según Martínez, et al (2012), afirma que cuando se utilizan o liberan sustancias químicas persistentes, tóxicas o bioacumulativas, el impacto medioambiental por las prendas populares (moda) se acumula durante años. Estos contaminantes pueden persistir en el entorno receptor el tiempo suficiente para concentrarse en los sedimentos y organismos, y ser transportados a largas distancias. Es más, algunos pueden causar daños significativos incluso cuando se encuentran en concentraciones muy bajas. La globalización de la moda, supone la

globalización de la contaminación. Las aguas residuales textiles se caracterizan por extremas fluctuaciones en parámetros como la demanda química y bioquímica de oxígeno, el pH, el color y la salinidad. La composición de las aguas residuales dependerá de las diferentes bases orgánicas de los compuestos químicos y colorantes utilizados en la industria.

La industria textil y sus productos provocan una gran variedad de impactos medioambientales y toxicológicos. Sin embargo, debido a la complejidad y a la gama de productos químicos implicados y a la falta de datos, resulta difícil realizar una evaluación exacta de tal impacto. (Brigden, R. et. al. 2012).

La industria de producción textil es una de las más antiguas y tecnológicamente complejas de todas. La demanda de productos textiles ha aumentado debido al crecimiento poblacional, lo que ha llevado a un aumento en la producción textil. Sin embargo, tanto las fábricas textiles como sus aguas residuales han aumentado proporcionalmente, causando un grave problema de contaminación en el mundo. La industria textil representa dos tercios del mercado total de colorantes. Durante el proceso de teñido, aproximadamente el 10-15% de los colorantes utilizados se liberan en las aguas residuales, lo que se reconoce como la causa principal de la contaminación ambiental. En la actualidad, muchas de las industrias textiles se encuentran en países en desarrollo como India, a menudo equipadas con sistemas de aguas residuales deficientes. Sin embargo, India es uno de los principales contribuyentes de aguas residuales textiles en el sur de Asia. Muchos de los productos químicos utilizados en la industria textil causan problemas ambientales y de salud. En las aguas residuales textiles, los colorantes se consideran contaminantes importantes. A nivel mundial, los problemas ambientales asociados con la industria textil están relacionados con la contaminación del agua causada por el vertido directo de efluentes no tratados y la liberación de sustancias químicas tóxicas en el entorno acuático. Esto disminuye drásticamente la concentración de oxígeno en los cuerpos de agua debido a la presencia de hidro sulfuros y obstruye el paso de la luz a través del agua, lo cual es perjudicial para el ecosistema acuático. Aproximadamente el 40% de los colorantes utilizados a nivel mundial contienen cloro orgánicamente unido, que es un carcinógeno. Los metales pesados presentes en los efluentes de la industria textil no son biodegradables, por lo tanto, se acumulan en los órganos principales del cuerpo y con el tiempo comienzan a causar diversas enfermedades. Los efluentes textiles no tratados o insuficientemente tratados pueden

ser perjudiciales tanto para la vida acuática como terrestre al afectar adversamente el ecosistema natural y causar efectos de salud a largo plazo. (Samchetshabam Gita A. H., 2016)

No hay pruebas que sugieran que la mayoría de los tintes utilizados actualmente en el teñido y acabado textil sean peligrosos para la salud humana a los niveles de exposición que generalmente enfrentan los trabajadores en las fábricas. Sin embargo, con la exposición excesiva a largo plazo o accidental, pueden surgir peligros para la salud y, por lo tanto, todos los tintes y productos químicos deben tratarse con cuidado. El problema más común relacionado con los tintes reactivos es la aparición de problemas respiratorios debido a la inhalación de partículas de colorante. A veces, pueden afectar el sistema inmunológico de una persona y, en casos extremos, esto puede significar que cuando la persona inhala nuevamente el tinte, su cuerpo puede reaccionar de manera dramática. Esto se llama sensibilización respiratoria y los síntomas incluyen picazón, ojos llorosos, estornudos y síntomas de asma como tos y sibilancias.

Quizás los problemas de salud más predominantes relacionados con los procesos de teñido y acabado surgen de la exposición a productos químicos que actúan como irritantes. Estos pueden causar irritación en la piel, nariz irritada o congestionada, estornudos y ojos irritados. Incluyen resinas a base de formaldehído, amoníaco, ácido acético, algunos productos químicos resistentes al encogimiento, algunos blanqueadores ópticos, carbonato de sodio, soda cáustica y lejía. Ciertos tintes reactivos, de vatios y dispersos también se reconocen como sensibles para la piel.

Las industrias textiles producen grandes cantidades de aguas residuales líquidas. Estos efluentes textiles contienen compuestos orgánicos e inorgánicos. Durante los procesos de teñido, no todos los tintes que se aplican a los tejidos se fijan en ellos y siempre hay una parte de estos tintes que queda sin fijar y se lava. Estos tintes no fijados se encuentran en altas concentraciones en los efluentes textiles.

La cantidad de agua consumida y liberada también varía según el tipo de telas producidas. Casi 0.08-0.15 m<sup>3</sup> de agua se utiliza para producir 1 kg de telas. Se estima que alrededor de 1,000-3,000 m<sup>3</sup> de agua se vierten después de procesar aproximadamente 12-20 toneladas de textiles por día. Estos efluentes son ricos en tintes y productos químicos, algunos de los cuales son no biodegradables y carcinogénicos y representan una gran amenaza para la salud y el

medio ambiente. Se han utilizado varios procesos de tratamiento primario, secundario y terciario, como la floculación, los filtros percoladores y la electrodiálisis para tratar estos efluentes. Sin embargo, estos tratamientos no son efectivos para la eliminación de todos los tintes y productos químicos utilizados. Los efluentes no solo contienen una alta concentración de tintes utilizados en la industria, sino que también contienen los productos químicos utilizados en las diversas etapas de procesamiento. Algunos metales trazan como el cromo, arsénico, cobre y zinc están presentes en estos efluentes y son capaces de causar varios problemas de salud, incluyendo hemorragia, ulceración de la piel, náuseas, irritación severa de la piel y dermatitis. Los efluentes textiles también se encuentran contaminados con otras impurezas orgánicas y microbianas.

El uso del algodón ha aumentado constantemente a lo largo del siglo pasado. Las fibras de algodón se tiñen principalmente con tintes azoicos que son uno de los grupos más grandes de tintes sintéticos utilizados en la industria. Los tintes azoicos son difíciles de degradar mediante los procesos de tratamiento convencionales actuales. Se caracterizan por la presencia del enlace nitrógeno-nitrógeno ( $-N=N-$ ) en el centro y, por lo tanto, son altamente deficientes en electrones.

Se ha descubierto que estos tintes azoicos son complejos y han demostrado tener evidencia carcinogénica en la escisión reductiva. Estos tintes son capaces de alterar las propiedades físicas y químicas del suelo, deteriorar los cuerpos de agua y causar daños a la flora y fauna en el medio ambiente. Se observó que la naturaleza tóxica de los tintes causa la muerte de los microorganismos del suelo, lo que a su vez afecta la productividad agrícola.

La presencia de una cantidad muy pequeña de tintes azoicos en el agua ( $<1$  ppm) es altamente visible. Esto afecta el mérito estético, la transparencia y la solubilidad del agua en gases. La reducción de la penetración de la luz a través del agua disminuye la actividad fotosintética, causando deficiencia de oxígeno y desregulando los ciclos biológicos de la biota acuática. Muchos tintes azoicos también son altamente venenosos para el ecosistema y mutágenos, lo que significa que pueden tener efectos agudos a crónicos en los organismos, según el tiempo de exposición y la concentración de colorantes azoicos.

El 1,4-diaminobenceno es una amina aromática cuyos tintes azoicos principales pueden causar irritación en la piel, dermatitis de contacto, chemosis, lagrimeo, exoftalmia, ceguera

permanente, rabdomiólisis, necrosis tubular aguda superveniente, vómitos, gastritis, vértigo y, al ser ingeridos, edema de la cara, cuello, faringe, lengua y laringe junto con dificultad respiratoria. Las aminas aromáticas pueden ser movilizadas por el agua o el sudor, lo que favorece su absorción a través de la piel y otras áreas expuestas, como la boca. La absorción por ingestión es más rápida y, por lo tanto, potencialmente más peligrosa, ya que más tintes puede ser absorbido en un período de tiempo más corto. Los tintes en agua se vuelven peligrosos cuando son metabolizados por enzimas hepáticas. (Hassaan, 2017)

## **CAPITULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO INVESTIGATIVO.**

### **3.1 Metodología**

La metodología por utilizar describe un enfoque mixto, ya que se analizan datos cualitativos y cuantitativos en la misma investigación.

El método de este enfoque mixto busca responder a un problema de investigación desde un diseño concurrente, secuencial, de conversión o de integración según sea los logros planteados. (Ortega, A. O. (2018).

El tipo de investigación es exploratorio ya que este tipo de investigaciones “sirven para aumentar el grado de información sobre un tema particular y permiten obtener información sobre la posibilidad de desarrollar posteriormente una investigación más completa, establecer prioridades para investigaciones futuras o sugerir postulados sobre el tema en cuestión, al respecto”. (Hernández, Fernández & Baptista. 2017 P.11)

Se desarrolla mediante técnicas de investigación bibliográfica y de campo ya que se ha recopilado información de diferentes estudios bibliográficos acerca de los tintes sintéticos de mayor circulación y uso; recolección de información de diferentes estudios bibliográficos acerca de los tintes naturales, el desarrollo con el tiempo de estos y el alcance de su mercado en El Salvador; comparación de parámetros de contaminación como la contaminación generada en el agua por tintes sintéticos y compararlos con los mismos parámetros en tintes naturales; finalmente se pretende la generación de un estudio económico para la empresa que exponga cómo el uso de tintes naturales generará un beneficio en la empresa.

### **3.2 Procesos de producción con tintes sintéticos.**

#### **3.2.1 Tejido.**

A partir de varios hilos, se conseguirá crear la tela con tejido punto piqué. La máquina encargada de este trabajo es una tejedora circular para este tejido específico. En este caso se producirá un tejido de 100% algodón, ya que es el enfoque que se le ha dado a la fábrica. Una vez formada la tela, esta se almacena en bodega de tela cruda para posteriormente pasar a

control de calidad donde se verifica que no tenga huecos, manchas o irregularidades y finalmente es codificada para llevar un registro.

### **3.2.2 Descrude y blanqueo.**

En esta etapa se eliminan las impurezas y demás agentes que pueden interferir en el proceso de tintura, entre estos agentes se encuentran: ceras, grasas, pectinas, sales metálicas, cáscaras, pelusas, hojas de semilla de algodón y pigmentos naturales. Estas impurezas se eliminarán haciendo uso de hidróxido de sodio en presencia de agentes auxiliares o tensoactivos y agentes secuestrantes de dureza que le impartirán hidrofilia a la tela.

En este caso se utilizará un descrude y blanqueo discontinuo, en un sistema cerrado, en una máquina que realiza las funciones de pretratamiento, tintura y post tratamiento. Se carga la máquina con la cantidad de agua requerida y con la tela, luego se adicionan los productos mediante el tanque de adición lateral. Se mantiene un pH básico de entre 9-12 para aumentar la velocidad del blanqueo, y la temperatura se eleva a razón de 3°C por minuto hasta llegar a 100°C, se mantiene durante 10 minutos y se enfría la tela hasta 70°C para luego botar el agua, luego se realiza un lavado a esa temperatura para limpiar la tela de cualquier residuo que haya quedado del proceso, este lavado dura otros 10 minutos y se desecha el agua.

Los productos por adicionar al proceso son hidróxido de sodio (NaOH) para eliminar grasas; silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}_3\text{Si}$ ) como estabilizador para regular la separación de oxígeno activo del agua oxigenada; detergente emulsionante para eliminar suciedad y demás grasas; y peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) como blanqueador al reaccionar con el NaOH y como agente que aumenta la resistencia de la fibra. La secuencia de adición de productos es la siguiente:

- i. Se añaden los productos auxiliares, inclusive el estabilizador pre disuelto en el tanque de adición.
- ii. Colocar los productos en la máquina.
- iii. Añadir en el tanque de adición.
- iv. Colocar en la máquina.
- v. Añadir NaOH pre disuelto en el tanque de adición.
- vi. Dosificar la sosa cáustica en el tiempo determinado.

### 3.2.3 Tintura

Esta etapa tiene como fin darle a la tela el color que el cliente desee. Se pueden teñir las mismas fibras de la planta de algodón, el hilo una vez formado, o la pieza de tela una vez tejida, en este caso, el proceso de tintura se le dará a la tela ya tejida. Los tintes y mezclas químicas de tratamiento serán formulados en un área llamada “cocina” donde se realizarán las mezclas de los compuestos exactamente medidos para conseguir el color deseado por el cliente, y también para realizar correctamente la mezcla de químicos de tratamiento de la tela.

El método de tintura será por afinidad entre colorante y fibra, y la maquinaria seleccionada para este proceso es una máquina de tintura por agotamiento, con la materia textil y el baño de tintura en movimiento, específicamente la de tipo “overflow”. Estas máquinas constan de un cuerpo cilíndrico en el cual se encuentra el licor de tintura y donde se introduce la tela la cual circula con la ayuda de un torniquete que se encuentra en la parte superior del cuerpo de la máquina. El licor de tintura pasa por un intercambiador de calor mediante el cual se enfrían o calientan según las necesidades.

Las máquinas modernas poseen un tanque auxiliar por el cual atraviesa un serpentín, este tanque ayuda a ahorrar tiempo ya que se puede precalentar el agua que se va a necesitar en un baño de tintura. En algunos casos se puede llenar el tanque auxiliar con agua y con los auxiliares de tintura antes que estos entren a la máquina, esto es una ventaja ya que se puede adecuar la temperatura del agua de acuerdo a las características de los auxiliares que se utilicen.

Otro dispositivo que se integra al conjunto de la máquina para tintura es el tanque lateral. Este tanque es usado para la adición de los productos químicos que se utilizan en la tintura. Algunas máquinas constan de dos tanques laterales, que ayudan a ahorrar tiempo porque mientras un tanque está dosificando producto a la máquina, el segundo disuelve el producto que está por entrar a la tintura. Se utilizarán tintes directos y reactivos, para diversificar la gama de colores disponible, la aplicación de cada uno es diferente, pero se realizan en la misma máquina.

### **3.2.4 Acabado**

Esta etapa tiene como objetivo mejorar el aspecto, tacto y propiedades que debe llevar la tela. Para este caso, se utilizarán acabados químicos, los cuales pueden llevarse a cabo en la misma maquina donde se realizó la tintura. Los productos a utilizar serán los siguientes:

#### **3.2.4.1 Macro emulsión de silicona elastomérica**

Especialmente indicada para el acabado de fibras celulósicas y sus mezclas. Confiere un tacto extraordinariamente suave, liso y con gran recuperación (bote) y elasticidad.

#### **3.2.4.2 Cera de polietileno de alta densidad en emulsión acuosa**

Evita corte de aguja de costura, y confiere un tacto fresco y agradable sobre toda clase de fibras.

#### **3.2.4.3 Enzimas**

En este caso se utilizará una enzima de nombre comercial “Prolase AT”, deja tactos sobre las telas desengomadas, suaves y tersos. Es una enzima líquida diseñada para el desdoblamiento de almidones y féculas, que se utilizan como engomados para hilos de algodón por urdimbre con un rango de trabajo desde 40 hasta 100° C, siendo estable en pH de 4 hasta 10. Se trabajará con una temperatura de 100°C ya que así aumenta su eficiencia de conversión de almidón en dextrinas que serán fácilmente removidas por enjuague con detergente no iónico.

Al salir finalmente de la máquina, la tela es revisada en el laboratorio para ver si cumple las especificaciones de color.

### **3.2.5 Exprimido y secado**

En esta etapa se elimina cualquier rastro de humedad que la tela pueda tener luego de haber salido de la máquina de tratado y tinturado. Este proceso comienza en una maquina exprimidora, donde se comprime la tela para sacar la mayor cantidad de líquidos impregnados posible. Luego, pasa al proceso de secado, el cual, se realiza en una máquina de secado textil, la cual se programa para secar la tela a 150°C.

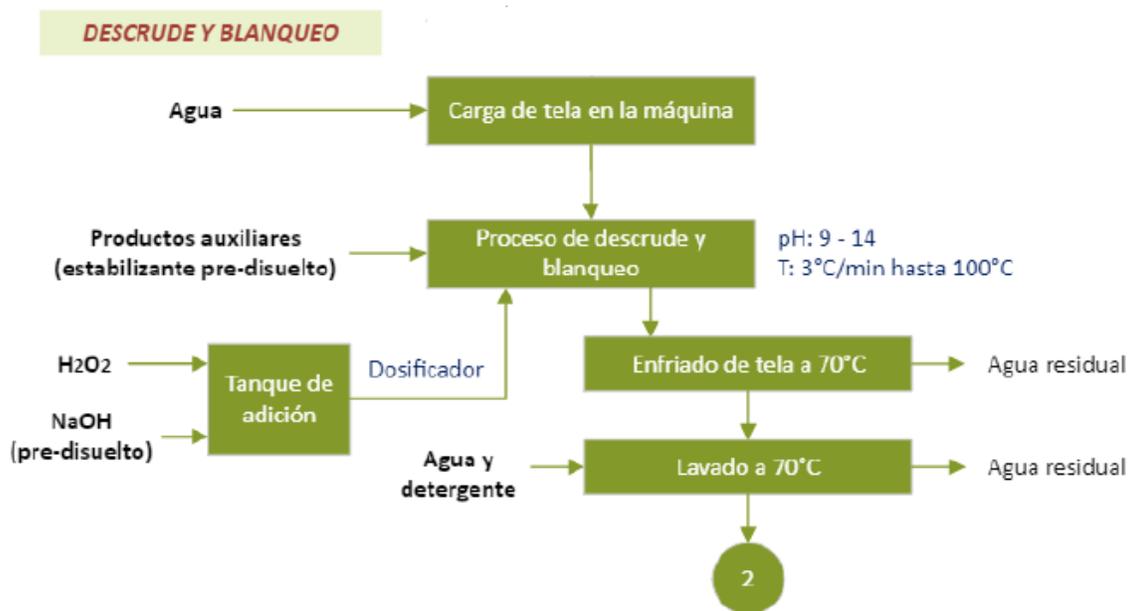
### 3.2.6 Compactado

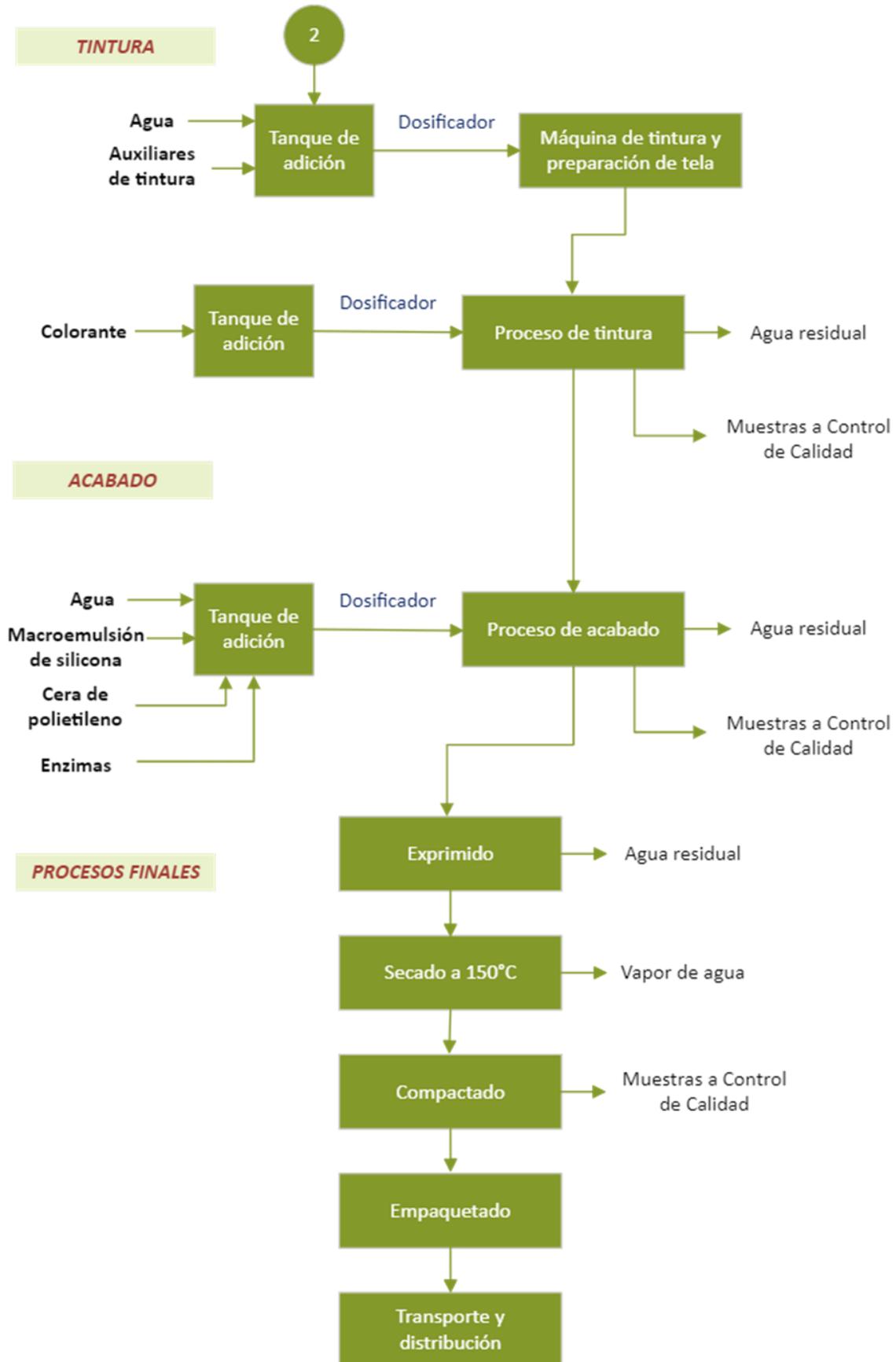
En esta etapa se le da el acabado final a la tela, y se mide a la entrada y salida para verificar que el nivel de encogimiento sea el adecuado. Además, en esta última etapa se verifica manualmente cada metro de tela producido, asegurando que no exista ningún tipo de imperfección en la tela final.

### 3.2.7 Empaquetado

Finalmente, la tela pasa a otra máquina donde es enrollada, empaquetada y etiquetada en películas de polietileno, listas para su distribución.

### 3.3 Diagrama de proceso de producción con tintes sintéticos.





### **3.3.1 Rejillas y desarenado**

El proceso iniciará separando toda aquella materia sólida de gran tamaño que pueda ir en el agua, como fibras largas, pedazos de tela, empaque, etc., para posteriormente pasar a un desarenador horizontal que se encargará de eliminar arenilla que pueda provenir del proceso de hilado.

### **3.3.2 Homogenización**

Se deberá amortiguar las variaciones en los caudales de modo que se consiga un solo caudal medio y que se igualen las cargas contaminantes provenientes de cada etapa de proceso.

### **3.3.3 Control de pH**

Se medirá y ajustará el pH cada 6 horas, ya que este puede variar dependiendo de qué color de tela se esté fabricando en cada momento, de modo que, se neutralizará hasta un pH de entre 7 y 8. Esto se realiza para evitar daños en los equipos y en los procesos de etapas posteriores.

### **3.3.4 Ajuste de temperatura**

Se deberá instalar un intercambiador de calor que permita ajustar la temperatura del efluente hasta un rango de entre 25°C y 30°C, debido a que la temperatura del agua residual de los procesos en la planta suele ser elevada (entre 70°C y 100°C).

### **3.3.5 Trampa de grasas**

Es necesario separar del agua todo aquel material graso que provenga del tratamiento del algodón natural y de los acabados de la tela, por lo que se empleará una trampa de grasa de tres compartimentos.

### **3.3.6 Reactor biológico de manto de fangos (aerobio)**

Permite la formación de un filtro de fango, y permite una separación de fango y agua mucho más efectiva que con un sedimentador común. La filtración por manto de fangos permite la ejecución en el mismo reactor de todos los procesos de transformación, como son la activación, nitrificación, desnitrificación y defosforización. Se reduce el espacio requerido y conlleva bajos costes operativos y de mantenimiento.

### **3.3.7 Equipo de floculación en línea**

Se aplica sobre el efluente del reactor biológico. En el sistema se llevan a cabo los procesos de coagulación, floculación, des-emulsificación, precipitación y control de pH en condiciones definidas y extremadamente controladas. Se utilizará como coagulante el sulfato de aluminio

y como floculante un polielectrolito catiónico, base poliacrilamida ECOPOL CD 620 de densidad de carga media.

### 3.3.8 Clarificador DAF (Flotación por aire disuelto)

Es un separador de flujo transversal de reducida altura, la inyección de microburbujas de aire permite la separación de los flóculos formados en el floculador y la obtención de un clarificado libre de sólidos en suspensión, turbidez y color. Este equipo permite el tratamiento de aguas con alta carga de sólidos, es un sistema compacto, y separa los lodos permitiendo una concentración de estos de hasta el 5%, cabe mencionar que los lodos de la planta se entregarán a una empresa externa para que sean tratados.

### 3.3.9 Filtro de arena

Estos filtros permiten alcanzar calidades óptimas del agua tratada para su reincorporación tanto como materia prima en el proceso textil como al cuerpo receptor sin problemas. Es un equipo robusto, de alta resistencia y calidad, un tratamiento terciario que logra un vertido cero y la conversión de un residuo en un recurso.

## 3.4 Parámetros de control en la producción con tinte sintéticos

Durante la fase de teñido hay ciertos parámetros que hay que tener en cuenta para obtener el tono y la apariencia requerida, estos se pueden apreciar en tabla 3.1.

**Tabla 3.1: Parámetros de control en máquina y teñido**

Control	Parámetro	Objetivo
Máquina	Volumen inicial de teñido	Calcular el volumen inicial descontando el volumen de retención de agua de la tela y las adiciones de álcali.

Continúa

**Tabla 3.1: Parámetros de control en máquina y teñido (Continuación)**

Diámetro de la tobera	Usar la tobera adecuada al artículo a teñir, se debe tener en cuenta que la cuerda debe ocupar las 3/4 partes de la abertura de la tobera.
Velocidad del molinete	Este se calcula dividiendo la longitud de la cuerda entre el tiempo de rotación de cuerda requerido.
Rotación de cuerda	Deberá ser menor a 2 min para evitar problemas de mala igualación.
Presión de la bomba	Se ajusta de acuerdo a la rotación de cuerda requerido.
Dureza	Es posible que el colorante se precipite por efecto de la dureza.
Peróxido residual	Antes de teñir se debe verificar que el residual de peróxido esté en cero.
pH inicial de teñido	Se debe iniciar en el pH correcto para evitar la prefijación del colorante.
Relación de baño	Después de agregar la sal y el colorante se debe medir la densidad de sal para verificar que el volumen de agua sea el correcto.
Control de pH en cada etapa	Medir los pH después de cada adición de álcali y verificar que estén dentro del rango establecido.

### **3.5 Productos auxiliares en la producción con tintes sintéticos**

Los productos auxiliares que se utilizan para la tintura con tintes reactivos son los siguientes:

#### **3.5.1 Dispersante**

Permite que todas las moléculas de tintes se encuentren en dispersión evitando la formación de precipitados, facilita la igualación del tinte sobre la fibra. Para nuestro análisis se usará SOLOPOL RA el cual actúa como dispersante-secuestrante, también es usado para el control de pH de teñidos reactivos.

#### **3.5.2 Secuestrante**

Son sustancias que tienen el poder de secuestrar iones metálicos que pueden formar compuestos con los tintes, interfiriendo su aplicación o bloqueando su subida sobre la fibra. El secuestrante usado en el estudio es SEQUION M500.

#### **3.5.3 Sal Textil**

El electrolito que se usará es SALTEX.

#### **3.5.4 Alkali**

Se sabe que el pH alcalino activa la fijación del tinte a la fibra, algunos estudios reportan que la reacción tinte – fibra es 60 veces más rápida que con el baño de tintura por lo que se recomienda en esta etapa un valor de pH entre 11 y 11.2, el cual, es alcanzado con la dosificación de álcalis, se utiliza un método de fijación simple para los tonos bajos y matices complicados, es decir solo con Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y una fijación mixta para intensidades medias y fuertes con el uso de Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) + Sosa Caustica ( $\text{NaOH}$ ). La dosificación de los álcalis se debe hacer usando una curva progresiva para evitar problemas en la apariencia de la tela (mala igualación). Ya que el estudio se basa en el teñido de un color oscuro usaremos una fijación mixta

### 3.6 Receta aplicada para la producción con tintes sintéticos

La tabla 3.2 muestra la receta usada durante el estudio realizado, por cuestiones de confidencialidad no se muestran los porcentajes de colorantes y las cantidades usadas de algunos auxiliares de teñido.

*Tabla 3.2 Receta color aplicado para estudio*

<b>Productos</b>	<b>Concentración (g/L)</b>	<b>% en peso</b>
Colorantes	Los porcentajes varían de acuerdo al color solicitado por el cliente.	
Sequion m500 (secuestrante)	0.5	
Solopol ra (dispersante)	0.2	
Sal textil	2	
Carbonato	1.5	
Soda cáustica perlas	2	
Tiempo	212 min	
Temperatura	60°C	
R: B	1:8	

Las cantidades usadas de electrolito y álcalis es esencial para lograr el tono requerido, son estándar de acuerdo con el porcentaje de tinte usado y la relación de baño solo sufriendo pequeños ajustes si hay algún problema con el tono de la tela acabada, mostrado en tabla 3.3.

**Tabla 3.3: Sal y álcalis según porcentaje de tinte usado**

<i>%Tinte</i>	<i>Sal (g/l)</i>		<i>Carbonato</i>	<i>Mezcla (g/l)</i>	
	<i>RB &lt;=1/12</i>	<i>RB &gt;1/12</i>	<i>g/l</i>	<i>Carbonato</i>	<i>Soda 100%</i>
<i>0.0 - 0.5%</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	
<i>0.5 - 1.0%</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	
<i>1.0 - 2.0%</i>	<i>50</i>	<i>60</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	
<i>2.0 - 3.0%</i>	<i>60</i>	<i>60</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	
<i>3.0 - 4.0%</i>	<i>70</i>	<i>80</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>0.5</i>

### **3.7 Procesos de producción con tinte naturales.**

El proceso de coloración de telas se usará con este material blanco y a base de algodón. La metodología a utilizar será la siguiente y todos los pasos y procesos son tomados de León Lima & Rodríguez Martínez, (2013):

#### **3.7.1 Proceso de fijado**

Para lograr la fijación del pigmento a las fibras se pueden utilizar 4 tipos de mordientes: alumbre, agua de cal, lejía de ceniza y óxido de hierro.

Estos se preparan con una semana de anticipación a excepción del Alumbre que se prepara hasta el día de teñido.

Se utiliza un 10% peso de los fijadores, según sea el peso de tela.

La tela se sumerge en los fijadores durante media hora luego se lava y se seca.

#### **3.7.1.1 Preparación de óxido de hierro**

En la preparación del Óxido de Hierro se utilizan 100 gramos de clavos viejos oxidados los cuales se mezclan con 100 mililitros de vinagre y 100 mililitros de agua y se dejan hervir durante 30 minutos como base. Luego se deposita en un recipiente de vidrio para su uso. Se ocupan 100 ml de Óxido de Hierro por cada 100 gramos de tela.

#### **3.7.1.2 Preparación de la Lejía de Ceniza**

En la preparación de la Lejía de Ceniza se utilizan, 10 litros de agua hirviendo por 1 libra de ceniza. Se mezcla bien y se deja reposar por 24 horas, luego se cuela y se obtiene la lejía de ceniza.

#### **3.7.1.3 Preparación del Agua de Cal**

En la preparación del Agua de Cal se utilizan 500 gramos de polvo de cal por 12 litros de agua. Se mezcla bien y se deja reposar por 24 horas, se cuela y se obtiene el agua de cal.

#### **3.7.1.4 Preparación del Alumbre**

En la preparación del Alumbre, se pesa 50 gramos de alumbre por cada 10 litros de agua. Este se disuelve con agua caliente, luego se adiciona agua a temperatura ambiente hasta el nivel deseado.

#### **3.7.2 Preparación de proceso de teñido**

Para el proceso de tinción se utilizaron las fibras: manta cruda, algodón y yute. Se procede a blanquear las fibras naturales: 1 yarda de Manta Cruda, 1 yarda de Algodón y 1 yarda de Yute en 40 gramos de detergente y 1 taza de lejía por 2 horas.

### **3.7.2.1 Preparación de material tintóreo.**

Por cada 100 gramos de tela se utilizan 3 litros de agua. Las cantidades de material tintóreo serán las siguientes:

#### **a) Manta Cruda**

Se usarán 100 gramos de Material Tintóreo por 100 gramos de Tela.

#### **b) Algodón**

Se usarán La mitad del Material Tintóreo (50 gramos) por 100 gramos de Tela.

#### **c) Yute**

Se usarán el doble o triple (200 a 300 gramos) de Material Tintóreo por 100 gramos de Tela.

Las hojas, las flores y al trabajar con hoja y flor juntas, se cortan en pedazos y se colocan en agua.

La corteza se corta lo más fina posible, pero es mejor trabajar con aserrín. La corteza finamente cortada se coloca en agua.

### **3.7.2.2 Preparación de proceso de teñido con fruto de achote**

Se saca la semilla del fruto (Cápsula) y se pesa el material tintóreo a utilizar, luego se dejan en agua durante 15 minutos para que suelte el pigmento; luego se cuele con una manta.

### **3.7.2.3 Preparación de proceso de tenido con fruto de café**

Se recolecta el fruto verde o maduro según la cantidad de Material Tintóreo a utilizar, se macera y se deja reposar en 1000 ml de agua por 12 horas, inmediatamente el fruto comienza a teñir el agua de un color café. Pasadas las 12 horas se hierve el agua con el fruto a fuego alto.

#### **3.7.2.4 Preparación de proceso de tenido con fruto coco**

Se colecta el coco de color verde o amarillo de la palmera, se utilizan los residuos de la estopa, se cortan en trozos muy pequeños, para extraer la mayor cantidad de pigmento, se pone a hervir en aproximadamente 1 litro de agua o más dependiendo de la cantidad de material tintóreo.

#### **3.7.2.5 Preparación de proceso de tenido con fruto de guayabo**

Hay que coleccionar el fruto tierno o verde del árbol de guayabo, se pesa la cantidad de Material Tintóreo a utilizar, se corta en trocitos, se macera y se pone en agua.

#### **3.7.2.6 Teñido**

La tela se remoja en agua para una absorción más uniforme, luego esta se coloca en el agua con tinte obtenida de las hojas, las flores, hojas y flores o corteza y fruto, se ponen en el fuego hasta romper hervor y luego a fuego lento durante 20 minutos.

Se tiene el cuidado de que la tela quede lo suficientemente sumergida en el agua y se mueve constantemente para evitar que se manche; se deja enfriar, se lava con agua y se colocan en el fijador. Se utiliza el 10% peso de los fijadores (previamente preparados): Alumbre, agua de cal, lejía de ceniza o el óxido de hierro.

#### **3.7.3 Lavado**

Llenar una olla de acero inoxidable a modo de que la tela quede completamente sumergida y con espacio para moverse.

La tela se lava con agua para eliminar el exceso de tinte y evitar que se manche. Se deposita cada pedazo de tela en un fijador. La tela se deja durante media hora en el fijador, luego se lava con agua y se seca.

Cuando la tela ya está seca se sumerge en agua con detergente, se lava y se sumerge en agua con suavizante, se lava nuevamente y se pone a secar.

### 3.8 Resultados Obtenidos

#### 3.8.1 Resultados de procesos de teñido

León Lima & Rodríguez Martínez, (2013) muestra resultados de los procesos de teñido descritos anteriormente, para fines del presente trabajo se detalla a continuación los colores obtenidos con fruto de achiote, fruto de café, fruto coco y fruto guayabo

Para el proceso de teñido con fruto achiote se tienen los colores mostrados en tabla 3.4:

*Tabla 3.4: Paleta de colores con fruto achiote. León Lima & Rodríguez Martínez (2013).*

Tela/Fijador	Alumbre	Lejía de ceniza	Agua de cal	Óxido de hierro
Manta cruda				
Algodón				
Yute				

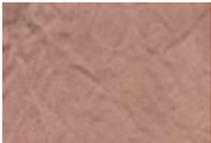
Para el proceso de teñido con fruto café se tienen los colores mostrados en tabla 3.5:

**Tabla 3.5: Paleta de colores con fruto café. León Lima & Rodríguez Martínez, (2013)**

Tela/Fijador	Alumbre	Lejía de ceniza	Agua de cal	Óxido de hierro
Manta cruda				
Algodón				
Yute				

Para el proceso de teñido con fruto coco se tienen los colores mostrados en tabla 3.6:

**Tabla 3.6: Paleta de colores con estopa de coco. León Lima & Rodríguez Martínez, (2013)**

Tela/Fijador	Alumbre	Lejía de ceniza	Agua de cal	Óxido de hierro
Manta cruda				

Continúa

**Tabla 3.6: Paleta de colores con estopa de coco. León Lima & Rodríguez Martínez, (2013)**  
(Continuación)

Tela/Fijador	Alumbre	Lejía de ceniza	Agua de cal	Óxido de hierro
Algodón				
Yute				

Para el proceso de teñido con fruto guayabo se tienen los colores mostrados en tabla 3.7:

**Tabla 3.7: Paleta de colores con fruto guayabo. León Lima & Rodríguez Martínez, (2013)**

Tela/Fijador	Alumbre	Lejía de ceniza	Agua de cal	Óxido de hierro
Manta cruda				
Algodón				
Yute				

### 3.8.2 Resultados de Impacto ambiental

Para los resultados del análisis ambiental de una muestra de tela teñida por medio del proceso natural, se procederá a determinar DBO, DQO, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos totales y aceites y grasas, pH y temperatura; siguiendo el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.05.01:18) donde se muestran los valores máximos permitidos de los parámetros mencionados anteriormente de acuerdo con la tabla 3. “Límites permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales de tipo especial vertidas a medio receptor”, N° 31 “Hilados, tejidos y acabados textiles” mostrados en tabla 3.8. Estos resultados se compararán con los obtenidos por una conocida planta de textiles que manufactura con un proceso sintético y así mostrar la alta variabilidad entre los resultados de una y otra.

**Tabla 3.8: Límites permisibles de parámetros básicos de calidad de aguas residuales de tipo especial vertidas a medio receptor”, N° 31 “Hilados, tejidos y acabados textiles” RTS 13.05.01:18.**

DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Aceites y grasas (mg/L)	Potencial de Hidrogeno (Unidades de pH)	Temperatura (°C) *
400	200	150	30	6.0 - 9.0	20 - 35

\* El vertido no debe incrementar la temperatura del medio receptor en más de 5 °C.

Para el caso del proceso de teñido usando tintes sintéticos se tiene los datos de tabla 3.9.

**Tabla 3.9: Resultados de propiedades fisicoquímicas de aguas residuales con tintes sintéticos.**

Fecha	Hora	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	pHe	Te (°C)	Color	DQOe (mg/L)	pHs	Ts (°C)	DQOs (mg/L)
24/07/2023	10:30	18	7.28	30.4	Oscuro	2232	7.45	29.8	728
25/07/2023	11:00	14	7.57	38.2	Azul	2356	7.39	37.5	1026
26/07/2023	11:00	14	7.15	40.3	Morado	3131	7.45	39.4	872
7/08/2023	23:00	13	7.25	36.1	Negro	1740	7.26	36.9	1160
8/08/2023	23:00	15	7.23	40.0	Morado	1178	7.43	38.6	790
9/08/2023	23:00	17	7.14	41.6	Morado	1740	7.48	39.3	1030

### **3.8.2.1 Proceso analítico de teñido para obtención de aguas residuales.**

Se deberán de seguir los siguientes pasos para el teñido y posterior recolección de las aguas residuales:

1. Producción de lejía de ceniza.

La relación entre la ceniza y el agua utilizada es de 10 litros por libra de ceniza para la prueba no será necesaria tal cantidad por lo que serán utilizados 150 gramos de ceniza y 3.35 litros de agua.

El agua se pone a hervir y en ese punto se agrega la ceniza, se agita y se deja reposar durante 24 horas.

2. Proceso de descruce.

Se mezclan 250 mililitros de lejía con 40 gramos de detergente por cada 100 gramos de ropa, que es la base para la prueba, y se deja reposar durante 2 horas. Este proceso es sumamente importante para quitarle la suciedad o cualquier residuo indeseable que contenga la tela.

3. Teñido

- 3.1.Preparación de achiote: Se usan 50 gramos de achiote, estos se dejan reposando en agua durante 15 minutos.

- 3.2.Se procede a colar el agua coloreada porque el contacto con la semilla directa genera que el color no sea uniforme en la tela.

- 3.3.Se hierva el agua coloreada y cuando llegue al punto de ebullición se introduce la tela y se deja a fuego lento durante 20 minutos.

3.4. Se extrae la tela y se deja enfriando (Mostrado en Figura 3.1).



*Figura 3.1: proceso de teñido natural.*

#### 4. Fijador

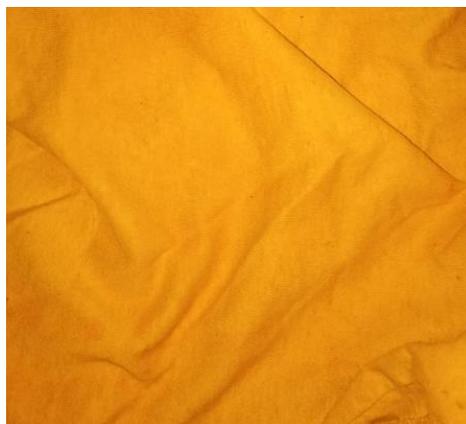
Se utiliza 10% p/v con relación a la tela y lejía por lo que usaremos 10 mililitros de lejía como fijador. El recipiente se llena con agua a modo de cubrir la tela en su totalidad (Mostrado en Figura 3.2).



*Figura 3.2: Proceso de fijado natural*

#### 5. Acabado

Se extrae la tela y se deja secando (Mostrado en Figura 3.3).



**Figura 3.3: Resultado final del proceso de teñido en algodón.**

Como puede observarse en la tabla 3.8 se tiene resultados de parámetros de la salida de agua de proceso de teñido con tintes sintéticos en determinada industria textil de El Salvador, donde se evidencia que valores como el DQO están fuera del Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.05.01:18) lo que genera un consumo excesivo de oxígeno, esto como se sabe puede provocar la asfixia de los organismos acuáticos del cuerpo receptor; lo que hace tener la necesidad de añadir procesos de tratamiento de aguas residuales, que a la vez, ocasiona mayores costos en la producción de teñido con tintes sintéticos (insumos, materiales, equipos, mano de obra, etc.) por el contrario, al ejecutar una marcha analítica con tintes naturales se tiene resultados favorables puesto que después del proceso de teñido, fijado y lavado el agua fue analizada por un laboratorio acreditado cada una de sus marchas por OSA (Organismo Salvadoreño de Acreditación) y se muestra en Tabla 3.10.

**Tabla 3.10 resultados de análisis de aguas residuales de proceso de teñido con tinte natural**

<b>Parámetro</b>	<b>Método a utilizar</b>	<b>Resultados</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5210 B 23 rd. Edición 2017.	177 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5220 D 23 rd. Edition 2017	349 mg/L
Sólidos Sedimentables	Standar Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540F 23 rd. Edition 2017.	<0.1 ml/L

Continúa

**Tabla 3.10 resultados de análisis de aguas residuales de proceso de teñido con tinte natural. (Continuación).**

Sólidos Suspendidos Totales	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540D 23 rd. Edition 2017.	20 mg/L
Aceites y Grasas	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5520D 23 rd. Edition 2017	6 mg/L
pH	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 4500 H+B E 23 rd. Edition 2017	7.6
Temperatura	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2550 E 22 St. Edition 2012	33.5

Comparando los resultados entre los proporcionados por una empresa textil con tintes sintéticos con los generados en la prueba realizada por medio de tintes naturales se comprueba la hipótesis del beneficio ambiental que tienen los tintes naturales. Resultados como el DBO, con 177 mg/L para el colorante natural y 934.33 mg/L para el colorante sintético, el cual pasa de los límites establecidos (el sintético) por el RTS 13.05.01:18, y el DQO, 349 mg/L para el colorante natural y 2062.33 mg/L para el tinte sintético, que también sobrepasa los límites del RTS 13.05.01:18, muestran la gran diferencia entre un proceso y otro en aspectos ambientales. Además, cabe mencionar que el resto de los parámetros también están debajo RTS 13.05.01:18 con los sólidos sedimentables teniendo un valor menor a 0.1 y con máximo permitido de 20 mg/L, los sólidos suspendidos totales con un resultado de 20 mg/L y un máximo permitido de 450 mg/L, los aceites y grasas con un resultado de 6 mg/L y un máximo de 150 mg/L y el pH que se encuentra en el rango establecido de 7.6 debiendo de estar entre 5.5 y 9.0. Por tanto, se demuestra que los tintes naturales traen un beneficio en el aspecto ecológico (ambiental). Entre otros parámetros que reflejan el beneficio traído por los tintes naturales tenemos el consumo de agua para cada caso y es que para los teñidos sintéticos se consumen 511,163.6 litros de agua mientras que para los naturales se utilizan 153,409.09 litros

de agua, con un porcentaje de consumo mayor de parte de los sintéticos del 70%. En el caso del DQO y las toneladas de  $CO_2$  donde para los tintes sintéticos tenemos 1054.856 kg.  $O_2$  y 6.58 toneladas de  $CO_2$  por año respectivamente. Mientras que para los tintes naturales tendremos 53.54 kg. de  $O_2$  y 0.334 toneladas de  $CO_2$ , respectivamente. Obteniendo que se consume 94.92% más en los teñidos sintéticos que en los naturales en estos parámetros.

### 3.8.3 Análisis Financiero

Para el análisis financiero se han tomado una variedad de factores importantes como la inversión inicial que es fuerte dado que se necesitan una serie de máquinas para todos los procesos de producción y el terreno necesario para que todo se desarrolle de la mejor manera en un espacio con movimiento. También se tienen que tomar en cuenta factores como los costos variables y fijos que, en el caso de los primeros, se toma el cálculo de acuerdo al volumen de producción establecido y, para los segundos, aspectos como los suministros básicos.

#### 3.8.3.1 Inversión Inicial

Los datos de la maquinaria a usar se tomaron como la inversión inicial. Se presentan los resultados para cada procedimiento únicamente para el teñido en algodón esto por el acceso a la información en determinada industria textil del país. Todo este dinero será financiado por medio de un préstamo al Banco Cuscatlán que fue el que ofreció una mejor tasa de interés siendo esta del 10% anual a lo largo de un periodo de 10 años que es el establecido para la ejecución del proyecto por lo que la cuota anual de pago obtenida es reflejada en tabla 3.11 para tintes sintéticos y tabla 3.12 para tintes naturales.

**Tabla 3.11: Inversión inicial de procesos con tintes sintéticos**

Máquina	Precio	Máquina	Precio
Desmontadora	\$ 40,000.00	Máquina de Tintura	\$20,000.00
Limpiadora de aire	\$ 2,000.00	Exprimidora	\$49,500.00

Continúa...

**Tabla 3.11: Inversión inicial de procesos con tintes sintéticos. (Continuación)**

Máquina	Precio	Máquina	Precio
Cardadora	\$ 60,000.00	Secadora	\$ 37,500.00
Hiladora	\$ 60,000.00	Compactadora	\$40,550.00
Máquina Tejido de punto pique	\$ 20,000.00	Empaquetadora	\$8,500.00
Total Maquinaria			\$ 338,050.00

**Tabla 3.12: Inversión inicial para proceso de teñido con tinte natural**

Máquina	Precio	Máquina	Precio
Ollas industriales (3)	\$ 15,000.00	Exprimidora	\$ 49,500.00
Quemadores	\$ 200.00	Secadora	\$ 37,500.00
Tubos y conectores	\$ 1,000.00	Cortadora	\$ 20,000.00
Tambos de gas industriales (2)	\$ 300.00	Empaquetadora	\$ 8,500.00
Total Maquinaria			\$ 132,000.00

### **3.8.3.2 Costos Fijos Anuales**

En el caso de los costos fijos tenemos dos puntos importantes que son los suministros básicos. Para los servicios básicos se toma en cuenta el agua y el servicio eléctrico para el teñido sintético se ocupa una relación de agua del 1:10 con la tela mientras que con el natural es de 1:1 pero cabe mencionar que se realizan 3 procesos distintos por lo que la relación viene siendo de 1:3. En tabla 3.13 para tintes sintéticos y tabla 3.14 para tintes naturales.

Para Tintes Sintéticos

**Tabla 3.13: Costos fijos anuales para tintes sintéticos**

<i>Suministros</i>		
Servicio	Cobro Mensual	Cobro Anual
Agua Potable	\$ 10,000.00	\$ 120,000.00
Electricidad	\$ 8,000.00	\$ 96,000.00
Total de suministros		\$ 216,000.00

Para Tintes Naturales

**Tabla 3.14: Costos fijos anuales para tintes naturales**

Suministros		
Servicio	Cobro Mensual	Cobro Anual
Agua Potable	\$ 5,000.00	\$ 60,000.00
Electricidad	\$ 8,000.00	\$ 96,000.00
Total de suministros		\$ 156,000.00

### **3.8.3.3 Costos Variables Anuales**

Para los costos variables el principal aspecto es que están relacionados con la producción, de acuerdo a nuestra estimación de producción anual tendremos 91.800 kg de tela y tanto el proceso de tratamiento de algodón como el de teñido requieren relaciones de 10:1 entre el volumen y la cantidad de tela utilizada por lo que se tomó este dato para posteriormente utilizar la concentración obtenida y el precio que se estableció para las materias primas con los respectivos proveedores. Además, para el algodón se tomó un precio de 1723\$/ton. Esto puede verse en tabla 3.15 y tabla 3.16.

**Tabla 3.15: Costos variables anuales de proceso con tintes sintéticos**

Costos Variables Anuales					
Químicos para tratamiento de algodón					
Químico	Concentración (g/L)	Volumen (L)	Cantidad (kg)	Precio	Subtotal
Isopal 68	1	2000000	2000	\$15.00	\$30,000.00
Idrosolvan RO7	2	2000000	4000	\$12.60	\$50,400.00
Catal MC	2	2000000	4000	\$17.50	\$70,000.00
Agua Oxigenada	4	2000000	8000	\$44.21	\$353,680.00
Soda Caustica (Escamas)	1	2000000	2000	\$4.00	\$8,000.00
SequiomM500	1	2000000	2000	\$21.35	\$42,700.00
Ácido Acético	0.5	2000000	1000	\$25.00	\$25,000.00
MegalaseKLR	0.7	2000000	1400	\$16.67	\$23,338.00
<b>Subtotal de Tratamiento Algodón</b>					<b>\$ 603,118.00</b>
Químicos para proceso de teñido					
Químico	Concentración (g/L)	Volumen (L)	Cantidad (kg)	Precio (\$/kg)	Subtotal
SequiomM500	0.5	200000	100	\$ 21.35	\$ 2,135.00
Solopol RA	0.3	200000	60	\$ 12.50	\$ 750.00
Catal MC	2	200000	400	\$ 17.50	\$ 7,000.00
Sal Textil	11.5	200000	2300	\$ 10.00	\$ 23,000.00
Soda Caustica (Escamas)	2	200000	400	\$ 4.00	\$ 1,600.00
Carbonato	1.5	200000	300	\$ 6.05	\$ 1,815.00
Ácido Acético	0.5	200000	100	\$ 25.00	\$ 2,500.00
MegalaseKLR	0.7	200000	140	\$ 16.67	\$ 2,333.80
<b>Subtotal de teñido</b>					<b>\$ 41,133.80</b>

Continúa

**Tabla 3.15: Costos variables anuales de proceso con tintes sintéticos (continuación)**

Tintes Ácidos			
Colores base	Cantidad (kg)	Precio (\$/kg)	Subtotal
Azul	200	\$ 7.50	\$ 15,000.00
Amarillo	2000	\$ 6.50	\$ 13,000.00
Rojo	2000	\$ 7.50	\$ 15,000.00
Blancos	2000	\$ 6.50	\$ 13,000.00
<b>Subtotal de tintes</b>			<b>\$ 56,000.00</b>
<b>Total de Costos Variables</b>			<b>\$ 700,251.80</b>

Para el caso de los tintes naturales, los costos variables serán:

**Tabla 3.16: Costos variables de proceso con tintes naturales**

Material para proceso de fijado			
Material	Cantidad (kg)	Precio (\$/kg)	Inversión
Cal	525	\$ 4.90	\$ 2,572.50
Alumbre	525	\$ 25.00	\$ 13,125.00
Lejía	525	\$ 1.25	\$ 656.25
<b>Material</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Precio (\$/kg)</b>	<b>Inversión</b>
Óxido de hierro	525	\$ 2.01	\$ 1,055.25
<b>Subtotal de fijado</b>			<b>\$ 17,409.00</b>
Material para proceso de teñido			
Material	Cantidad (kg)	Precio (\$/kg)	Inversión
Achiote	12000	\$ 1.10	\$ 13,200.00
Café	12000	\$ 9.90	\$ 118,800.00
Coco	12000	\$ 1.25	\$ 15,000.00
Guayaba	12000	\$ 9.80	\$ 117,600.00
Rubia Tictorium	12000	\$ 25.70	\$ 308,400.00
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 573,000.00</b>
<b>Total de costos variables</b>			<b>\$ 590,409.00</b>

Se estableció un precio base comparativo, de acuerdo con el mercado textil, de 5\$ la yarda de tela y una venta promedio anual de 200,000 unidades para mostrar cuál modelo da mayor rentabilidad.

Finalmente, en tabla 3.17 se presenta el detalle en resumen del análisis financiero realizado.

**Tabla 3.17: Resumen de análisis financiero**

	Tintes Sintéticos	Tintes Naturales
TMAR	10%	
Inversión Inicial	\$338,050.00	\$132,000.00
Costos Variables	\$700,251.80	\$ 590,409.00
Costos Fijos	\$216,000.00	\$156,000.00
VAN	\$231,867.30	\$1,566,933.51
TIR	55%	942%

El periodo de análisis del proyecto fue de 10 años.

### 3.8.3.4 Flujo de Caja

Para el caso de los tintes sintéticos el flujo de caja sería lo mostrado en tabla 3.18:

**Tabla 3.18 : Flujo de caja de tintes sintéticos. Elaboración propia.**

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Unidades anuales (yardas)		200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
Precio		\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00
1 Ingresos		\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
2 Costos Variables		-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80	-\$ 700,251.80
3 Costos Fijos		-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00	-\$ 216,000.00
4 Mantemiento de Máquinas		-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00	-\$ 2,000.00
5 Depreciación		-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00	-\$ 33,805.00
6 Interés		-\$ 27,044.00	-\$ 25,347.11	-\$ 23,480.54	-\$ 21,427.31	-\$ 19,168.75	-\$ 16,684.34	-\$ 13,951.49	-\$ 10,945.35	-\$ 7,638.60	-\$ 4,001.17
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	\$ -	\$ <b>20,899.20</b>	\$ <b>22,596.09</b>	\$ <b>24,462.66</b>	\$ <b>26,515.89</b>	\$ <b>28,774.45</b>	\$ <b>31,258.86</b>	\$ <b>33,991.71</b>	\$ <b>36,997.85</b>	\$ <b>40,304.60</b>	\$ <b>43,942.03</b>
8 Impuesto de Renta	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad después de impuestos</b>	\$ -	\$ <b>20,899.20</b>	\$ <b>22,596.09</b>	\$ <b>24,462.66</b>	\$ <b>26,515.89</b>	\$ <b>28,774.45</b>	\$ <b>31,258.86</b>	\$ <b>33,991.71</b>	\$ <b>36,997.85</b>	\$ <b>40,304.60</b>	\$ <b>43,942.03</b>
Depreciación		\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00	\$ 33,805.00
9 Inversión Inicial	-\$ 67,610.00										
10 Amortización de prestamo		-\$ 16,968.86	-\$ 18,665.75	-\$ 20,532.33	-\$ 22,585.56	-\$ 24,844.11	-\$ 27,328.53	-\$ 30,061.38	-\$ 33,067.52	-\$ 36,374.27	-\$ 40,011.70
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-\$ 67,610.00</b>	<b>\$ 37,735.34</b>									

Para los tintes naturales se presenta en la tabla 3.19 el flujo de caja:

**Tabla 3.19: Flujo de caja de tintes naturales. Elaboración propia**

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Unidades anuales (yardas)		200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
Precio		\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00
1 Ingresos		\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
2 Costos Variables		-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00	-\$ 590,409.00
3 Costos Fijos		-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00	-\$ 156,000.00
4 Mantemiento de Máquinas		-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00	-\$ 1,000.00
5 Depreciación		\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00	\$ 2,640.00
6 Interés		-\$ 10,560.00	-\$ 9,897.41	-\$ 9,168.56	-\$ 8,366.82	-\$ 7,484.91	-\$ 6,514.81	-\$ 5,447.70	-\$ 4,273.88	-\$ 2,982.68	-\$ 1,562.36
<b>Utilidad antes de impuestos</b>	\$ -	\$ <b>244,671.00</b>	\$ <b>245,333.59</b>	\$ <b>246,062.44</b>	\$ <b>246,864.18</b>	\$ <b>247,746.09</b>	\$ <b>248,716.19</b>	\$ <b>249,783.30</b>	\$ <b>250,957.12</b>	\$ <b>252,248.32</b>	\$ <b>253,668.64</b>
8 Impuesto de Renta	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad después de impuestos</b>	\$ -	\$ <b>244,671.00</b>	\$ <b>245,333.59</b>	\$ <b>246,062.44</b>	\$ <b>246,864.18</b>	\$ <b>247,746.09</b>	\$ <b>248,716.19</b>	\$ <b>249,783.30</b>	\$ <b>250,957.12</b>	\$ <b>252,248.32</b>	\$ <b>253,668.64</b>
Depreciación		-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00	-\$ 2,640.00
9 Inversión Inicial	-\$ 26,400.00										
10 Amortización de prestamo		\$ 6,625.91	\$ 7,288.51	\$ 8,017.36	\$ 8,819.09	\$ 9,701.00	\$ 10,671.10	\$ 11,738.21	\$ 12,912.03	\$ 14,203.23	\$ 15,623.56
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-\$ 26,400.00</b>	<b>\$ 248,656.91</b>	<b>\$ 249,982.10</b>	<b>\$ 251,439.80</b>	<b>\$ 253,043.27</b>	<b>\$ 254,807.09</b>	<b>\$ 256,747.29</b>	<b>\$ 258,881.51</b>	<b>\$ 261,229.15</b>	<b>\$ 263,811.56</b>	<b>\$ 266,652.20</b>

El análisis financiero tomó todos los puntos que se llevan a cabo dentro del proceso de producción y el equipo necesario para retratar de mejor manera cada detalle. Inicialmente tenemos la inversión que se debe de realizar para cada equipo, en el caso de los tintes sintéticos ya que el proceso lleva más pasos y con maquinaria distinta para cada proceso esto eleva altamente los costos iniciales obteniendo un resultado de \$ 338,050.00 mientras que para los tintes naturales lo único necesario son ollas de tamaño industrial y máquinas exprimidoras para obtener la tela ya con los estándares de calidad requeridos y dando un costo inicial de \$ 132,000.00.

También tenemos la materia prima como costo variable y en este punto es donde se muestra una gran variación con resultados favorables hacia los tintes naturales ya que estos no necesitan muchos químicos auxiliares para los procesos, dichos químicos en el caso de los colorantes sintéticos tienen una gran presencia ya que son necesarios para que la tela tenga los requerimientos sanitarios exigidos y mantenga la calidad ya que dada la fuerza de los tintes sintéticos estos desgastan la tela más fácilmente además que los tintes sintéticos no son tan económicos como se puede presumir y es más la comodidad que estos generan para las empresas lo que hace que sean tan utilizados. Los tintes sintéticos requieren una inversión anual de \$ 700,251.80 mientras que los naturales \$ 590,409.00 tomando en cuenta que se gastará en ciertos productos que pudiesen ser obtenidos por medio del reciclaje, todo esto realizado con una producción base de 200,000 yardas de tela.

Finalmente, y con todos estos datos se hizo un flujo de caja para mostrar la diferencia ya cuantificada de ambos procesos y como resultado tenemos una TIR y VAN de 55% y \$ 231,867.30 para los sintéticos y de 942% y \$1,566,933.51 para los naturales aportando con todo este proceso, junto con su respectiva demostración analítica resultados esclarecedores con respecto al futuro de la coloración de textiles y todos los beneficios que trae, tanto económicos como beneficiosos para el medio ambiente, para las empresas.

## CONCLUSIONES

1. Se generó una investigación teórica sobre la factibilidad ecoeficiente en la sustitución de tintes sintéticos por tintes naturales se presenta como un paso crucial hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Este estudio no solo ha revelado las posibilidades reales de utilizar tintes naturales como alternativa viable a los tintes sintéticos, sino que también ha destacado los beneficios económicos y ecológicos que acompañan a esta transición. Al fomentar la adopción de prácticas ecoeficientes en la industria textil, no solo estamos preservando nuestros recursos naturales y reduciendo la contaminación, sino también abriendo las puertas a nuevas oportunidades de mercado y desarrollo sostenible. Este conocimiento teórico actúa como el cimiento sobre el cual podemos construir estrategias tangibles y políticas públicas que promuevan la adopción generalizada de tintes naturales, marcando así un hito significativo en nuestro camino hacia un mundo más ecológico y equitativo.
2. Se realizó una investigación de campo realizada con el propósito de analizar los principales tintes sintéticos utilizados en la industria. Durante este estudio exhaustivo, se logró identificar y caracterizar diversos tintes sintéticos empleados en la producción textil, la química de su funcionamiento, lo que proporciona una comprensión más profunda de los procesos de tintura y sus aplicaciones en la industria.

Sin embargo, es fundamental destacar que, a pesar de los avances y el conocimiento acumulado en esta área, la investigación también reveló que la industria textil sigue siendo una fuente importante de contaminación ambiental. Los procesos de tintura utilizados en la industria, en gran medida, continúan generando una carga significativa de contaminantes que afectan negativamente a los ecosistemas acuáticos y contribuyen al cambio climático.

Este hallazgo pone de manifiesto la necesidad apremiante de que la industria textil aborde sus prácticas de producción y tintura de manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Si bien se ha obtenido información valiosa sobre los tintes sintéticos, es evidente que aún queda un largo camino por recorrer en términos de reducción de la contaminación. La industria textil debe considerar seriamente la adopción de tecnologías más limpias y la implementación de procesos más eficientes que minimicen el impacto ambiental.

En resumen, la investigación de campo proporcionó una visión detallada de los tintes sintéticos en uso, pero al mismo tiempo, subrayó que la industria textil sigue siendo un contribuyente significativo a la contaminación ambiental. Esto debería servir como un llamado a la acción para impulsar cambios positivos hacia la sostenibilidad en la industria textil, reduciendo su huella ecológica y trabajando en la dirección de un futuro más limpio y responsable.

3. Se realizó una investigación exhaustiva sobre los tintes naturales disponibles para la industria textil recopilando información detallada sobre una amplia gama de plantas, minerales y organismos marinos que pueden utilizarse como tintes naturales. Estos descubrimientos no solo han enriquecido nuestro conocimiento sobre las posibilidades de los tintes naturales, sino que también han destacado su potencial para crear colores vibrantes y resistentes, sin comprometer el medio ambiente. La riqueza de información obtenida proporciona una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la industria textil.

A pesar de los avances en la identificación de tintes naturales, es evidente que la industria textil aún no ha aprovechado completamente este vasto tesoro de recursos naturales. La limitada adopción de tintes naturales en la producción textil indica que existe una brecha significativa entre el conocimiento disponible y su implementación práctica en la industria. Esta falta de desarrollo puede atribuirse a diversos factores, como la disponibilidad limitada de materia prima, los desafíos técnicos en el proceso de tintura y la falta de conciencia sobre los beneficios ambientales y sociales de los tintes naturales.

Para cerrar esta brecha, es esencial fomentar la investigación continua y la colaboración entre científicos, fabricantes y expertos en textiles. Además, la sensibilización y educación tanto en la industria como entre los consumidores son clave para impulsar la demanda de productos textiles teñidos de forma natural. Con el tiempo, una mayor inversión en la investigación y el desarrollo de técnicas de tintura natural, junto con la sensibilización del mercado, podría catalizar el crecimiento y la expansión de esta industria, promoviendo así prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en la producción textil a nivel global.

4. No se cumplió con el objetivo de comparar las hojas técnicas de tintes sintéticos con tintes naturales, puesto que en la industria salvadoreña textil no se cuenta con la facilidad de obtener información con fines académicos lo que conllevó a no poseer datos verídicos
5. Se evaluó la reducción del impacto ambiental por la sustitución de tintes sintéticos por naturales ya que se evidencia de manera inequívoca la destacada reducción del impacto ambiental que los tintes naturales ofrecen en comparación con sus equivalentes sintéticos. La sustitución de tintes sintéticos por opciones naturales presenta un potencial significativo para reducir el impacto ambiental en la industria textil. En primer lugar, los tintes naturales suelen derivarse de fuentes renovables como plantas, flores y minerales, disminuyendo la dependencia de recursos no renovables asociados con la fabricación de tintes sintéticos. Esta transición puede contribuir a la mitigación de la explotación de recursos no sostenibles y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción. Los tintes naturales resaltan, de manera contundente, sus virtudes en términos de biodegradabilidad y la reducción de residuos contaminantes. En contraposición a los tintes sintéticos, que a menudo contienen productos químicos persistentes y no biodegradables, los tintes naturales presentan un menor riesgo para los ecosistemas acuáticos y a la vez, terrestres.

La extracción de tintes a partir de fuentes naturales, como plantas y minerales, no solo mitiga el agotamiento de recursos no renovables, sino que también minimiza las emisiones tóxicas durante la fabricación. Este discernimiento refuerza la imperativa necesidad de impulsar la transición hacia prácticas más eco amigables en la industria textil, donde la adopción de tintes naturales actúa como una alternativa respetuosa con el medio ambiente. Esta conclusión subraya con urgencia la necesidad de adoptar prácticas de fabricación que salvaguarden la salud del planeta y fomenten la circularidad de los recursos, aunque se plantean desafíos, como la estabilidad del color y la eficiencia en comparación con los tintes sintéticos, la investigación continua y la innovación podrían superar estas barreras.

6. Se creó un estudio económico que muestra todas las variables posibles que se deben de tomar en cuenta al momento de tomar una decisión con respecto al uso de tintes sintéticos o naturales. Abarcando puntos como la inversión inicial, que se mostró que

es menor en el caso de los tintes naturales, o los costos variables de la materia prima que vienen siendo menores también para los tintes naturales. Como parte de todo análisis económico que quiera comparar escenarios distintos se calculó la VAN y la TIR para conocer la factibilidad de nuestra propuesta mostrando que para los tintes sintéticos se tiene una VAN de \$231,867.30 y una TIR de 55% mientras que para el caso de los tintes naturales tenemos una VAN de \$1,566,933.51 y una TIR del 942% por tanto podemos notar que el resultado es más favorable para los tintes naturales mostrando la factibilidad de este proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

Bae, JS., Freeman, HS y Kim, SD. Influencias de nuevos colorantes azoicos en el ecosistema acuático. *Fibra de polímero*, (2006). Recuperado el 07 de julio del 2023: <https://doi.org/10.1007/BF02933599>

Balakrishnan, P. (2020). Natural dyes: Eco-friendly alternatives for textiles. Editorial: Woodhead Publishing, India.

Castillo, P., y Pérez, M. (2019). Colorantes reactivos: una alternativa para el teñido de fibras celulósicas. *Revista de Investigación Académica*, 28, 1-16, Recuperado el 07 de julio del 2023: <https://n9.cl/5vs9w2>

Cooksey, C. J. (2016). "Acid Dyes." *Handbook of Textile and Industrial Dyeing, Volume 2: Applications of Dyes*, pp. 49-78. Recuperado el 07 de julio de 2023: <https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/33895/1/12.pdf>

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4 ed. México: McGraw-Hill.

Gedik, G., Avinc, O., Yavas, A. *et al* (2014). Un nuevo colorante y método de teñido ecológico para sustratos de poli (tereftalato de etileno). *Fibras Polym* **15**, 261–272. Recuperado el 23 de junio de 2023: <https://doi.org/10.1007/s12221-014-0261-5>

León Lima, A. Y., y Rodríguez Martínez, S. M. (2013). Obtención de colorantes naturales para uso textil extraídos mediante la técnica artesanal a partir de especies vegetales durante el año 2013 (Trabajo de Grado Escuela de Biología) Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/>

Liu, X., (2019). "Disperse Dyes for Textile Dyeing." *Handbook of Textile and Industrial Dyeing, Volume 2: Applications of Dyes*, pp. 79-105. Woodhead Pub., Cambridge, UK, 2011

Moldovan (2016) Investigación del Proceso de Tintura sobre Tejidos de Algodón con Colorantes Naturales Extraídos de Micro y Macroalgas.

Ortega, A. O. (2018). Enfoques de investigación. Métodos para el diseño urbano–Arquitectónico, 1. Recuperado el 2 de junio de 2023: [https://www.researchgate.net/publication/326905435\\_ENFOQUES\\_DE\\_INVESTIGACION](https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION)

Samchetshabam Gita, A. H. (12 de diciembre de 2016). *Environment & Ecology*. Recuperado el 18 de junio de 2023, de Environment & Ecology: <https://n9.cl/wkghx>

Shahid, M., (2017). "Textile Dyeing Industry: An Environmental Hazard." *The Scientific World Journal*, 2017, 1-9. Recuperado el 18 de agosto de 2023: <https://n9.cl/qbivo>

Shahid-ul-Islam, M., Rather, L. J., y Shah, A. (2018). A comprehensive review on natural dyes. *Natural Products and Bioprospecting*, 8(6), 363-393. Recuperado el 18 de agosto de 2023: <https://n9.cl/0dcvo>

Zaruma P. (2018) Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Durango, México.

Zollinger, H. (2003). "Color Chemistry: Syntheses, Properties, and Applications of Organic Dyes and Pigments." Wiley-VCH. Recuperado el 07 de julio de 2023: <https://doi.org/10.1002/anie.200385122>

## ANEXOS

### Anexo 1. Cálculos de cantidades de tintes a utilizar

Para el caso de los fijadores, estos deben de estar en una concentración del 0.1 M por lo que la proporción de uso con la tela debe de ser de 1:100 por lo que se usan 511.364 kg de cada material que serán redondeados a 525 kg.

$$200,000 \text{ yardas} \left( \frac{9 \text{ onzas}}{1 \text{ yarda}} \right) \left( \frac{0.0625 \text{ lb}}{1 \text{ onza}} \right) \left( \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \right) \left( \frac{1}{100} \right) = 511.364 \text{ kg}$$

El peso promedio de una yarda de tela es de 9 onzas, que son equivalentes a 0.5625 lb que equivalen a su vez a 0.255 kg. Tomando en cuenta que se producirán 200,000 yardas de tela y que la relación entre tela y tinte es de 1:1 el peso de tinte necesario será:

$$200,000 \text{ yardas} \left( \frac{9 \text{ onzas}}{1 \text{ yarda}} \right) \left( \frac{0.0625 \text{ lb}}{1 \text{ onza}} \right) \left( \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lb}} \right) = 51,136.36 \text{ kg de tinte.}$$

Eso será la cantidad necesaria de tintes totales, que entre los cinco materiales elegidos se repartirá en 12,000 kg de cada uno.

## Anexo 2. Resultados de análisis de agua residual de proceso de teñido natural en laboratorio.

### INFORME DE RESULTADOS

San Salvador, 24 de octubre de 2023

N° de Solicitud: SA3050	N° de Reporte: RA12101
<b>Datos del cliente</b>	
Empresa:	Julissa Elaine Alfaro Jiménez
Responsable:	Julissa Elaine Alfaro Jiménez
Dirección:	Colonia 27 de septiembre pasaje 5, #49 Zacatecoluca, La Paz
Teléfono:	7727-7568
Email:	aj16001@ues.edu.sv/ elaine7alfa@gmail.com

Datos de la muestra	
Naturaleza:	Agua de proceso de teñido natural
Fecha de ingreso:	09/10/2023
Hora de ingreso:	08:39 am
Fecha de análisis:	09/10/2023 a 23/10/2023
Datos de recolección de muestra	
Muestreo por:	Cliente

### REPORTE DE ANALISIS

DETERMINACION FISICOQUIMICA	RESULTADO	NORMA ANDA AGUAS RESIDUALES**	METODO***
Demanda Química de Oxígeno (DQO)* mg/L	349	1,000	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5220 D 23rd. Edition 2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)* mg/L	177	400	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 5210 B 23rd. Edition 2017. Prueba de 5 días.
Sólidos Sedimentables* ml/L	<0.1	20	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 2540F 23rd. Edition 2017.
Sólidos Suspendidos Totales* mg/L	20	450	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation 2540D 23rd. Edition 2017.
Aceites y Grasas* mg/L	6	150	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation 5520D 23rd. Edition 2017
pH* (Medido en laboratorio)	7.6	5.5 – 9.0	Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works association, Water Environment Federation 4500 H+B 23rd. Edition 2017 EPA's Sampling and Analysis Methods, 9045 D
Temperatura °C (Recepción de muestra)	33.5	20 – 35	Standard Methods, APHA WWA WEF Ed 23. 2017 2550B.

\*Análisis y muestreo acreditado por OSA (Organismo Salvadoreño de Acreditación)

\*\*Norma para regular calidad de aguas residuales de tipo especial descargadas al alcantarillado sanitario. ANDA

\*\*\*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

mg/L: miligramo/Litro ml/L: mililitro por litro °C: Grados Celsius o Centígrados

Todos los análisis solicitados se realizaron en las instalaciones del CCCI.

Las actividades que tiene repercusión sobre los resultados se realizaron bajo condiciones ambientales controladas.

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA:** Muestra leve turbia, color anaranjado, olor no perceptible, con escasos sedimentos y escasos sólidos en suspensión. Recibida en frascos de vidrio.

**OBSERVACIONES:** El resultado de Temperatura no corresponde al momento de la toma de muestra, por lo que no puede ser comparado con la normativa. Los demás resultados cumplen con el valor establecido por la norma de referencia. **Su muestra se conservará por 24 horas después de la recepción del presente informe, para atender cualquier necesidad adicional.**

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada. Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A. DE C.V. – CCCI

*Sulma Yanira Reyes de Serpas*  
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.  
Dirección Ejecutiva

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NTS ISO/IEC 17025:2017 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



**ANALIZANDO Y ASESORANDO PARA UNA COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE**

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL**

Calle San Antonio Abad, Urbanización Lisboa #35,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Teléfonos: (503) 2284-8888, (503) 2284-0223  
Email: atencionalccliente@ccci.com.sv  
Página Web: ccci.com.sv



Página 1 de 1

### Anexo 3. Cálculos de parámetros de impacto ambiental.

A partir de la cantidad de agua se calcula las cantidades de agua consumida en cada proceso y la producción de materia orgánica.

Para el agua tenemos el proceso de teñido sintético:

$$51,136.36 \text{ kg. tela} \left( \frac{10 \text{ kg agua}}{1 \text{ kg tela}} \right) \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ kg. agua}} \right) \left( \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = 511,363.6 \text{ L. agua}$$

Para el agua tenemos el proceso de teñido natural:

$$51,136.36 \text{ kg. tela} \left( \frac{3 \text{ kg agua}}{1 \text{ kg tela}} \right) \left( \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ kg. agua}} \right) \left( \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = 153,409.09 \text{ L. agua}$$

$$\% \text{ de agua comparativo} = \frac{511363.6 - 153409.09}{511,363.6} = 70\%$$

Para el caso de los DQO se calcula con base a la cantidad de agua residual utilizada, dato que proviene del punto anterior. Para el caso de los tintes sintéticos y tomando la información obtenida de una empresa textil salvadoreña tenemos:

$$2062.83 \frac{\text{mg. O}_2}{\text{L}} (511,363.6 \text{ L. agua}) = 1,054,856,174.88 \frac{\text{mg O}_2}{\text{año}} = 1054.86 \frac{\text{kg. O}_2}{\text{año}}$$

Para los tintes naturales tenemos los siguientes datos:

$$349 \frac{\text{mg O}_2}{\text{L}} (153,409.09 \text{ L. agua}) = 53,539,772.41 \frac{\text{mg O}_2}{\text{año}} = 53.55 \frac{\text{kg. O}_2}{\text{año}}$$

$$\% \text{ de materia orgánica comparativo} = \frac{1054.86 - 53.55}{1054.86} = 94.92\%$$

Como último parámetro también se tienen las toneladas de  $CO_2$  que tomaremos a partir de las aguas residuales, para el caso de los tintes sintéticos tenemos:

$$1052.86 \frac{\text{kg. DQO}}{\text{año}} \left( 0.25 \frac{\text{kg. CH}_4}{\text{kg. DQO}} \right) \left( 25 \frac{\text{kg. CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kg. CH}_4} \right) = 6,580.375 \text{ kg. CO}_2 \\ = 6.58 \text{ ton. CO}_2$$

Para los tintes naturales tendremos:

$$53.55 \frac{\text{kg.DQO}}{\text{año}} \left( 0.25 \frac{\text{kg.CH}_4}{\text{kg.DQO}} \right) \left( 25 \frac{\text{kg.CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kg.CH}_4} \right) = 334.6875 \text{ kg.CO}_2 = 0.334 \text{ ton CO}_2$$