

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FQF
Facultad de
Química y Farmacia

Trabajo de Diploma

Título: Evaluación de la factibilidad de la aplicación del CENTERFOOD XL para mejorar la calidad del sistema de tratamiento de agua residual en la UEB "Desembarco del Granma".

Autora: Elizabeth González Cortés

*Tutoras: Dra. Isabel Cabrera Estrada
Ing. Mercedes Arbona Cabrera
MSc. María de los Ángeles García Hernández*

Santa Clara, Month, Year
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FQF
Facultad de
Química y Farmacia

Diploma Thesis

Title: Evaluation of the feasibility of the CENTERFOOD XL application to improve the quality of the wastewater treatment system in the UEB "Desembarco del Granma".

Author: Elizabeth González Cortés

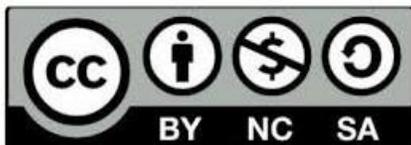
*Tutor: Dra. Isabel Cabrera Estrada
Ing. Mercedes Arbona Cabrera
MSc. María de los Ángeles García Hernández*

Santa Clara, Month, Year
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Pensamiento

*Porque escudo es la ciencia; más la sabiduría excede, en que da vida
a sus poseedores.*

Eclesiastés 7:12

Dedicatoria

A Dios...

Por ser mi fortaleza, mi escudo, mi guía y sustento.

A mis princesas...

Por ser mis más grandes tesoros, por llenar mi vida de alegría y dicha, por hacerme sentir inmensamente feliz.

A mi madre...

Por su abnegación, por su apoyo y sacrificio, por su aliento y cariño, por ser la persona que ha hecho hasta lo imposible por cumplir mis sueños.

A mi esposo...

Por su amor incondicional, por su fidelidad y confianza a toda prueba.

A mis abuelos Isabel y Pedro...

Por ser mis referentes en la vida, por apoyarme siempre y demostrarme tanto amor.

A mi tía Cristina...

Por su ayuda incondicional, por ser como una madre en todo momento.

Agradecimientos

A mis tutoras la Ing. Mercedes Arbona Cabrera y MSc. María de los Ángeles García Hernández, por toda su ayuda y dedicación, y con especial cariño y respeto a la Dra. Isabel Cabrera Estrada, por su paciencia y comprensión, por su preciado tiempo, su apoyo y amistad incondicional.

A mi mamá, por ser madre y padre al mismo tiempo, por sus consejos y palabras de aliento cuando más lo necesité. Por sus sacrificios innumerables, porque pese de cualquier obstáculo no duda nunca en caminar de mi mano. Por estar siempre ahí para mí, nunca me alcanzará la vida para agradecerte.

A mi amado esposo por su confianza y apoyo incondicional, por estar siempre junto a mí. Por su paciencia en estos 5 años de mucho sacrificio y estudio. Por todo el amor que me ha demostrado en las buenas y las malas, por ser tan especial en todo momento.

A toda mi familia, en especial a mi abuelita del alma, a mi tía Cristina, a mis tíos Pedro Andrés y Ernesto, y mi primo Osme, por esperar siempre lo mejor de mí y porque cada uno de ellos puso un granito de arena para que pudiera llegar a ser quien soy.

A la familia de mi esposo, en especial a mis suegros Carlos y Lianet por ser mi ayuda en todo momento, por contar siempre con su apoyo y cariño infinito, de corazón muchas gracias.

A todos mis compañeros de aula que durante 5 años han compartido junto a mí momentos de alegría y tristeza, de sacrificios, estudios y estrés, pero especialmente a mi incondicional amiga Isleidy, por ser mi guía, mi ayuda, mi mano derecha, por nunca negarme su tiempo, a mis amigas Yisel, Danay, Lianny, Blanca Elena, Alejandra y Keila, por brindarme su amistad en todo momento.

A Deisy la técnico del laboratorio de residuales de la Empresa textil “Desembarco del Granma” y Miriam en el laboratorio de química-física de la Facultad de Química y Farmacia de la UCLV, gracias por todo.

A todos los profesores que influyeron en mi formación profesional, pero con especial cariño a la Dra. Olga, MSc. Dora, Dr. Luis Gómez, Dra. Irenia, Dra. Elena Rosa, MSc. Yania y el MSc. Mariano.

En fin a todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a cumplir este sueño.

A todos,

¡MUCHAS GRACIAS!

Resumen

El incremento de las aguas residuales constituye un grave problema mundial, sobre todo cuando se trata de la Industria Textil. Se hace indispensable promover la búsqueda de alternativas encaminadas a la disminución de este recurso. El presente trabajo tiene por objetivo evaluar la factibilidad de la aplicación del CENTERFOOD XL (nutriente biológico) para mejorar la calidad del sistema de tratamiento de agua residual en la UEB “Desembarco del Granma”. Se cuantificó, a través de la realización de balances de masa, los principales consumos de las sustancias que intervienen en los diferentes procesos de la Planta de acabado, donde el agua necesaria es de $0,1083 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de tela. Mediante la aplicación del programa SimaPro Versión 9.0.0.35, se determinaron los principales impactos ambientales donde resalta la influencia de los procesos sobre la salud humana como categoría de daño. La huella de agua calculada es de $42,9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de tela procesada y la huella de CO_2eq es de $0,28 \text{ kg}/\text{m}^2$ de tejido. Se corroboró la factibilidad del uso del CENTERFOOD XL como nutriente del sistema de lodos activados de la planta de tratamiento de la UEB “Desembarco del Granma”, ya que se incrementa el valor de los sólidos suspendidos volátiles. Se requiere de un sistema auxiliar para la adición de los nutrientes el cual posee un costo de inversión de \$51253,58. Si el sistema de tratamiento no recibe nuevos efluentes se requiere suministrar una cantidad de 1200,19 kg de CENTERFOOD XL una vez por semana, para un costo de 3360,54 CUC.

Abstract

The increase in wastewater is a serious global problem, especially when it comes to the Textile Industry. It is essential to promote the search for alternatives aimed at reducing this resource. The objective of this work is to evaluate the feasibility of the application of CENTERFOOD XL (biological nutrient) to improve the quality of the wastewater treatment system in the UEB "Desembarco del Granma". It was quantified, through the realization of mass balances, the main consumptions of the substances that intervene in the different processes of the Finishing Plant, where the necessary water is $0,1083 \text{ m}^3/\text{m}^2$ of cloth. Through the application of the program SimaPro Version 9.0.0.35, the main environmental impacts were determined, highlighting the influence of processes on human health as a category of damage. The calculated water footprint is $42,9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ of processed fabric and the CO_2eq footprint is $0,28 \text{ kg}/\text{m}^2$ of fabric. The feasibility of the use of CENTERFOOD XL as a nutrient of the activated sludge system of the treatment plant of the UEB "Desembarco del Granma" was corroborated, since the value of suspended volatile solids is increased. It requires an auxiliary system for the addition of nutrients which has an investment cost of \$ 51253,58. If the treatment system does not receive new effluents, it is required to supply an amount of 1200,19 kg of CENTERFOOD XL once a week, for a cost of 3360,54 CUC.

Índice

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Revisión Bibliográfica	4
1.1 El agua, disponibilidad y consumo.	4
1.1.1 El agua, disponibilidad y consumo en el mundo.	4
1.1.2 El agua, disponibilidad y consumo en Cuba.	6
1.1.3 El agua, disponibilidad y consumo en Villa Clara.	7
1.2 La industria química y sus principales impactos medioambientales.	8
1.2.1 La industria Textil en el mundo.	10
1.2.2 La industria Textil en Cuba.	11
1.2.3 La UEB “Desembarco del Granma”	12
1.2.3.1 Planta de Acabado, procesos fundamentales presentes.	13
1.2.3.2 Sistemas Auxiliares fundamentales.	14
1.3 Tratamiento de residuales líquidos.	16
1.3.1 Vías convencionales y no convencionales para el tratamiento de residuales líquidos.	17
1.3.2 Sistema de tratamiento de lodo activado de la UEB “Desembarco del Granma”.	20
1.3.3 Nutrición de lodos activados.	22
1.4 Huella del agua.	24
1.5 Producciones más limpias.	27
Conclusiones parciales:	29
Capítulo 2. Determinación de la Huella de Agua de la Planta de Acabado de la UEB “Desembarco del Granma”	30
2.1 Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del tejido PE/CO en la Planta de Acabado.	30
2.1.1 Caracterización de la línea de Blanqueo de la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”	30
2.1.2 Caracterización de la línea de Teñido de la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”	32
2.1.3 Caracterización de la línea de Estampado de la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”	33
2.1.4 Caracterización de la línea de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”.	34
2.1.5 Balance de materiales y energía en la Planta de Acabado.	36
2.2 Aplicación del SimaPro Versión 9.0.0.35 para la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”	41

2.3 Determinación de la Huella de Agua para la Planta de Acabado en la UEB "Desembarco del Granma"	47
2.3.1 Análisis de los resultados obtenidos.....	48
2.4 Medidas propuestas para el mejoramiento de los impactos medioambientales en la Planta de Acabado.....	50
Conclusiones parciales:	52
Capítulo 3. Evaluación de la factibilidad de la aplicación del CENTERFOOD XL en el sistema de tratamiento de residuales líquidos de la UEB "Desembarco del Granma" ..	53
3.1 Desarrollo experimental.	53
3.1.1 Análisis de los resultados.....	57
3.1.2 Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).	60
3.2 Análisis estadístico.....	61
3.3 Sistema de flujo para aplicación del CENTERFOOD XL.	62
3.3.1 Selección de la bomba.....	64
3.3.2 Cálculo de las dimensiones del tanque de almacenamiento.	64
3.3.3 Determinación del costo de adquisición del equipamiento.	64
3.3.4 Determinación del costo total de inversión.	65
3.3.5 Costo del CENTERFOOD XL.....	66
3.3.6 Daños evitados.	66
Conclusiones parciales:	67
Conclusiones	68
Recomendaciones	69
Bibliografía	
Anexos	

Introducción

Introducción

El desarrollo de la sociedad lleva implícito un elevado costo medioambiental, de cuya magnitud el ser humano sólo ha empezado a ser consciente en las últimas décadas. El conocimiento, cada vez más profundo, de los complejos mecanismos que rigen la interacción actividad humana – medio ambiente y de las tendencias de cambio que sigue el planeta, ha provocado la sensibilización social y ha convertido en la actualidad a la Ingeniería Ambiental en un importante campo de investigación. De este modo, en los últimos años se están desarrollando y aplicando numerosas tecnologías de tratamiento que tienen por objetivo minimizar el impacto ambiental ocasionado por los vertimientos generados por las actividades humanas. (Navarro, 2007)

El agua es un recurso natural renovable que se regenera continuamente mediante el ciclo del agua o ciclo hidrológico, es el punto clave para la supervivencia humana, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las diferentes actividades, que ya no sea útil, sino más bien nociva . Estas aguas residuales si no tiene un debido DQO, deben ser depuradas, para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles. Uno de los principales contaminantes que se reconoce es el color, puesto que una pequeña cantidad de pigmento en el agua, es altamente visible y afecta la transparencia y la solubilidad. (Avalos, 2010)

La industria textil es una industria que consume grandes cantidades de agua, energía y productos químicos auxiliares, además genera una gran cantidad de agua residual; estos efluentes poseen elevadas concentraciones de contaminantes orgánicos refractarios, compuestos tóxicos, componentes inhibidores, tensioactivos, componentes clorados y colorantes. El agua es un elemento necesario en numerosas fases del proceso, tanto para la fabricación de hilos y tejidos como para el acabado textil. Durante la fase de lavado, necesaria con frecuencia tras la finalización de determinadas etapas del tratamiento, es imposible eliminar por completo la presencia de las materias primas empleadas en el agua residual. La tarea de limpieza resulta, por lo tanto, muy exigente. Por lo cual, se constituyen en uno de los efluentes de más difícil tratamiento. El proceso más empleado para tratar estos efluentes son los tratamientos biológicos; según la Environmental Protection Agency (EPA), es el de Fangos Activados (FA). En estos procesos, la biodegradación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la acción de microorganismos en condiciones aerobias, y la separación sólido-líquido se lleva a cabo mediante un clarificador secundario. (Gámez et al., 2009)

Cuba no está exenta de los problemas de la contaminación ambiental. Hoy existen aproximadamente unas mil doscientas fuentes contaminantes de las cuales alrededor del 29% no poseen sistemas de tratamiento. Estas fuentes producen más de trescientas mil toneladas al año de materia orgánica biodegradable, lo que equivale a la contaminación generada por una población de unos 22 millones de habitantes.

De acuerdo con lo anterior expuesto, resulta necesaria la búsqueda de soluciones y un nuevo enfoque de trabajo en la gestión ambiental, que permita la prevención de la contaminación y la minimización por un lado de las cantidades de aguas empleadas en los procesos textiles, y por otro el aprovechamiento económico de los residuales como principales opciones para reducir las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente en las condiciones de cualquier país, con independencia de su nivel de desarrollo científico-técnico.(Pérez, 2015)

El tratamiento de las aguas residuales de la Empresa textil “Desembarco del Granma”, está compuesto de un proceso biológico mediante lodos activados. Este tipo de proceso es muy eficiente en la remoción de materia orgánica disuelta y en suspensión, muy versátil y no genera subproductos contaminantes, aunque posee gran sensibilidad a las variaciones en el flujo de agua a tratar. Esta industria actualmente está pasando por situaciones de variabilidad e irregularidades en los procesos productivos, por lo cual a la planta de tratamiento de residuales líquidos llegan flujos que no poseen la carga contaminante necesaria para lograr la supervivencia de los microorganismos presentes en el lodo, además, de no poseer un sistema de alimentación para los mismos, dicho esto, se hace necesaria la implementación de un nutriente biológico (CENTERFOOD XL) que cumpla dicha función, y por tanto se logre el correcto funcionamiento de la planta.

Problema científico:

Existen afectaciones en la adecuada estabilidad y conservación de los microorganismos presentes en el tratamiento biológico por lodos activados en la UEB “Desembarco del Granma”, debido a las fluctuaciones del volumen de aguas residuales lo cual es consecuencia de la inestabilidad del proceso productivo.

Hipótesis:

Si se establecen la vía adecuada para la aplicación del producto CENTERFOOD XL se logrará la estabilidad y conservación de los microorganismos presentes en el tratamiento

biológico por lodos activados y con ello el adecuado tratamiento de los residuales líquidos de la UEB “Desembarco del Granma”.

Objetivo General:

Evaluar la factibilidad de la aplicación del CENTERFOOD XL para mejorar la calidad del sistema de tratamiento de agua residual en la UEB “Desembarco del Granma”.

Objetivos Específicos:

1. Determinar las vías empleadas para la conservación de los sistemas de tratamiento por lodos activados ante variaciones de los caudales de aguas residuales y de otros factores del proceso productivo industrial, a través de la revisión bibliográfica sobre dicha temática.
2. Aplicar el programa SimaPro Versión 9.0.0.35 para determinar la huella de agua vinculada a los procesos productivos de la Planta de acabado.
3. Realizar un estudio experimental a nivel de laboratorio, para determinar el efecto que ejerce sobre aguas residuales el empleo del CENTERFOOD XL, como nutriente biológico.
4. Diseñar el sistema de flujo necesario para la incorporación del CENTERFOOD XL al proceso de tratamiento de aguas residuales de la UEB “Desembarco del Granma”.
5. Evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental del empleo del CENTERFOOD XL para lograr la estabilidad y conservación de los microorganismos presentes en el tratamiento biológico por lodos activados.

Capítulo 1

Capítulo 1. Revisión Bibliográfica

1.1 El agua, disponibilidad y consumo.

El agua presente en este planeta, en todas sus formas, se le conoce como hidrósfera: que es la capa de la Tierra que se encuentra entre la llamada litósfera, o capa exterior sólida conocida como corteza terrestre y la atmósfera que es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra. El agua cubre cerca de 3/4 partes (71%) de la superficie de la Tierra y se le encuentra en cualquier lugar de la biósfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso. (Manuel Gómez Gómez and Cecilia Danglot Banck, 2010).

La disponibilidad de agua dulce es uno de los grandes problemas que se plantean hoy en el mundo y en algunos aspectos el principal, porque las dificultades conexas afectan la vida de muchos millones de personas. Durante los próximos 50 años, los problemas relacionados con la falta de agua o la contaminación de masas de agua afectarán prácticamente a todos los habitantes del planeta.

El agua es vital para el consumo humano, los servicios sanitarios, la agricultura, la industria y otra infinidad de usos. El agua potable, esencial para todas las formas de vida terrestre incluida la de los humanos, es indispensable para su salud y sobrevivencia. En la medida que la población humana se ha incrementado ha aumentado la necesidad de agua, por lo que se hacen recomendaciones para ahorrar esta sustancia tan valiosa. (Mundial, 1997)

1.1.1 El agua, disponibilidad y consumo en el mundo.

Las regiones del mundo que sufren escasez de agua siguen creciendo en superficie y en cantidad. Lo que preocupa es que esa población exige cada vez más agua y este recurso finito debe satisfacer también las necesidades de todas las demás formas de vida.

El agua cubre el 71% de la superficie terrestre, gran parte del agua de la Tierra es poco apta para el consumo humano pues el 97,5% es agua salada, por lo que se dispone sólo de 2,5% de agua dulce, casi toda ella congelada en las profundidades de la Antártida y Groenlandia. Entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos, se estima que hay menos del 1% del agua total. Sólo se pueden explotar fácilmente las cantidades mucho más pequeñas de agua dulce de los ríos y lagos, del suelo y de los acuíferos poco profundos. Estos son los principales componentes de los recursos hídricos de la Tierra, alimentados por la precipitación y por el agua de deshielo de los glaciares en algunas zonas, y completados por el rocío y el goteo de niebla en ciertos lugares. En todas partes

se agotan por evaporación y transpiración. En muchas cuencas fluviales, las presas aumentan el volumen de agua almacenada, al igual que los acuíferos recargados artificialmente, mientras que el agua de mar desalada en las inmediaciones del mar añade una minúscula fracción de agua dulce. Debido a las variaciones en el ciclo hidrológico de un lugar a otro y de un día a otro, esos recursos hídricos no son constantes ni mucho menos. Son no obstante, los recursos potencialmente aprovechables y por eso son valiosísimos para la humanidad. Las actividades humanas modifican el ciclo hidrológico y pueden contaminar seriamente el agua disponible. (Mundial, 1997)

Se dice que 70% del agua dulce se emplea en la agricultura, en tanto que en la industria se usa 20% y en el consumo doméstico se emplea 10%. La industria es uno de los principales motores de crecimiento y desarrollo económico. En esta se emplea el equivalente de un consumo de 130 m³/persona/año. De esta cantidad, más de la mitad se utiliza en las centrales termoeléctricas en sus procesos de enfriamiento. Entre los mayores consumidores de agua se encuentran las plantas petroleras, las industrias metálica, papelera, maderas, procesamiento de alimentos y la industria manufacturera. (Autores, 2011)

El agua tiene múltiples aplicaciones en la industria: para calentar, enfriar, producir vapor de agua, como disolvente, como materia prima o para hacer limpieza. Si bien la mayor parte, después de su uso se elimina y vuelve a la naturaleza, el agua vertida a veces es tratada, pero en otras ocasiones el agua residual de la industria vuelve a su ciclo natural sin ser tratada de manera adecuada. Así, la calidad del agua de muchos de los ríos del mundo ha venido deteriorando o afectando negativamente el ambiente, por los vertidos de industrias. En algunos países desarrollados, sobre todo en Asia oriental y en el África subsahariana, el consumo industrial de agua llega a superar ampliamente al doméstico. (Manuel Gómez Gómez and Cecilia Danglot Banck, 2010)

Empleando los datos existentes, los hidrólogos han realizado algunas estimaciones del caudal medio anual de todos los ríos del mundo, que son como guías sobre la suma de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la Tierra, es decir el límite finito de los recursos de agua en el mundo. Esos caudales medios oscilan entre los 35 000 y los 50 000 Km³/año, y existen considerables variaciones en esas cifras de un año a otro y de una región a otra.

En contraste con el recurso que va disminuyendo, la demanda mundial de agua está aumentando. Se estima que esta última ha aumentado seis o siete veces desde 1900 a 1995, más del doble del ritmo del crecimiento demográfico. Es un aumento que

probablemente se acelere en el futuro, porque se prevé que la población mundial alcanzará los 8 300 millones en el año 2025 y entre 10 000 y 12 000 millones de personas en 2050.

Es preciso iniciar ya una acción urgente y decisiva para evitar crisis regionales relacionadas con el agua durante los próximos 30 años que podrían anunciar una crisis de proporciones mundiales más tarde en el siglo XXI. La táctica inicial fundamental en esa estrategia consiste en modificar la actitud de las personas con respecto al agua. Es preciso que se reconozca generalmente que el agua es un recurso valiosísimo, fundamental para la vida. Todos los países necesitan evaluar sus recursos hídricos más rigurosa y regularmente, y medir el uso del agua del mismo modo, a fin de adquirir los conocimientos científicos sobre el ciclo hidrológico que son esenciales para el desarrollo. (Mundial, 1997)

1.1.2 El agua, disponibilidad y consumo en Cuba.

Los recursos hídricos disponibles anuales per cápita en Cuba son limitados y están heterogéneamente distribuidos, siendo las provincias habaneras y las orientales, con excepción de Granma, las menos favorecidas. La media nacional de 1220 m³ por persona al año sitúa al país en un nivel de estrés hídrico moderado.

Los principales problemas relacionados con el uso sostenible del agua en Cuba se resumen de la siguiente manera: el bajo volumen de agua disponible por habitante al año, un estrés hídrico superior al 50%, un indicador de la escasez de agua del 50%, una huella hídrica que sobrepasa los 1700m³ por habitante al año, un bajo índice de reposición anual de los recursos hídricos con el 13,7%, el incremento del caudal de las aguas residuales y su bajo aprovechamiento, la baja eficiencia en el uso del agua y las considerables pérdidas en las redes de distribución y consumo.

El agua constituye para Cuba un desafío ambiental para garantizar su desarrollo, así como su seguridad ambiental y alimentaria, lo que sólo será posible mediante la gestión sostenible de sus recursos hídricos, sobre la base de la eficiencia, el ahorro y su protección. Una ruta deseable para alcanzar un uso sostenible del agua en el país pasa por los siguientes momentos: incrementar el índice de disponibilidad de los recursos hídricos, disminuir aceleradamente las pérdidas de agua en las redes, alcanzar la eficiencia hídrica en la agricultura y la industria, ahorrar el agua mediante la medición, el control de su uso y la aplicación de tarifas de acuerdo al consumo, reducir la contaminación en los cuerpos de agua e incrementar el aprovechamiento de las aguas residuales.

El potencial hídrico de Cuba asciende a 38,1 Km³, de los cuales 31,6 Km³ (73,4%) corresponden a las aguas superficiales y 6,5 Km³ (26,6%) a las aguas subterráneas. De este potencial solo son aprovechables 24 Km³ y de ellos están disponibles 13,6 km³, con una mayor incidencia en las aguas superficiales (67%). El desarrollo hidráulico cubano ha posibilitado utilizar el 57% de los recursos hídricos aprovechables, mediante la creación de la infraestructura técnica pertinente para incrementar en 200 veces la capacidad de embalse del país y lograr que el 96% de toda la población tuviese acceso al agua potable y el 95% al saneamiento. (Duque, 2011)

El riego en la agricultura representa el mayor volumen de agua consumida anualmente (65%) y en la industria demanda entre un 15-20%. La industria nacional requiere agua para los procesos productivos, las labores de limpieza, procesos auxiliares (generación de vapor, calentamiento, enfriamiento, tratamiento de agua y consumo social). La industria cubana se abastece de fuentes propias o a través de los sistemas de acueductos locales. La aplicación de las estrategias de producción más limpia y consumo sustentable aún es insuficiente en la industria cubana. (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2012)

1.1.3 El agua, disponibilidad y consumo en Villa Clara.

La provincia de Villa Clara cuenta con una de las redes hídricas más importantes de Cuba, embalses que por su gran tamaño y trascendencia socio-económica-ambiental son de gran interés nacional. Otras cuencas superficiales como Zaza y Hanabanilla forman parte de la provincia pero son atendidas también por los territorios de Cienfuegos y Sancti Spíritus. La Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara (GEARH) cuenta con un amplio programa de gestión hídrica que se encarga de planificar y controlar el consumo y la disponibilidad de agua en la provincia, desarrollando un balance total de agua con lo que demandan todas las entidades que consumen la misma.

El Ministerio de la agricultura constituye el mayor consumidor de agua en la provincia, aumentando su demanda respecto al 2017 en 24,407 hm³, siguiéndole como mayores consumidores: AZCUBA, MINEN, MINFAR, INRH, aunque la industria en Villa Clara no constituye de las entidades más consumidoras, aumentó su demanda a 0,100 hm³. Para el año 2017 la demanda de agua en la provincia fue de 523,475 hm³.(GEARH, 2018)

A continuación se muestra una tabla con los embalses de la provincia de Villa Clara, la entrega que garantiza y su aprovechamiento.

Tabla 1.1: Fuentes superficiales

Embalses	Entrega Garantizada (hm³)	Aprovechamiento (%) 2018
Sistema Sagua la Chica	159,000	81
Minerva	72,900	59
La Quinta	41,300	132
Derv. Pavón	44,800	70
Sistema Agabama-Gramal	8,490	85
Agabama	6,692	72
Gramal	1,798	137
Alacranes	335,900	81
Hanabanilla	128,500	59
Palma Sola	47,862	34
Palmarito	20,130	107
Santa Clara	20,200	10
Arroyo Grande II	25,000	44
Manicaragua	4,150	85
Las Mercedes	2,780	5
Provincia	752,012	71,8

1.2 La industria química y sus principales impactos medioambientales.

La industria química es la más contaminante del planeta, responsable de todas las grandes empresas y fábricas que contaminan el mundo, el impacto de esta se suele producir en las siguientes áreas: aire, agua, residuos y energía, sin embargo, actualmente la humanidad parece depender demasiado de ella.

La industria química es una de las más variadas y emplea una amplia gama de recursos: combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Su proceso de producción es muy complejo, por lo que el valor añadido es alto. Estas industrias emiten productos contaminantes, sustancias nocivas, tóxicas o peligrosas, directa o indirectamente de sus instalaciones o procesos industriales, cuyas características dependen fundamentalmente de las calidades de los combustibles y materias primas empleadas, del tipo de proceso y de la tecnología que se utiliza. Entre estos están, por ejemplo, desinfectantes, detergentes, pegamentos, repelente para insectos, desengrasantes, colorantes, explosivos, plásticos, gomas,

caucho, aislantes, fibras artificiales, productos farmacéuticos, pinturas a base de aceite, baterías recargables, pulidores, artículos que contienen mercurio, plaguicidas, fertilizantes y aerosoles. Cabe destacar, que cada molécula de aerosol puede deteriorar alrededor de 10.000 moléculas de ozono. Es así que, los seres humanos convivimos, cada vez más, con amenazas que ponen en peligro nuestra integridad física y calidad de vida, así como la del entorno.

Desde que comenzó el desarrollo de la industria química, se calcula que se han producido y diseminado en el medio ambiente aproximadamente cien mil (100.000) nuevas sustancias químicas. Además, cada año esta cifra se va incrementando en mil (1.000) nuevas sustancias.

Desde que estas sustancias se liberan al medio, se van acumulando en el agua, en el aire, en el suelo, en los alimentos e incluso en los tejidos. Con el tiempo, actúan sobre ellos amenazando la salud. Muchas de estas sustancias podrían ser extremadamente tóxicas para los seres vivos. Esto implica que el ambiente natural, ideal para la vida en la Tierra, se ve afectado de diferentes formas. Lo más preocupante es que el conocimiento del impacto de estas sustancias sobre el medio ambiente y la salud humana es escaso y, en la mayoría de los casos es inexistente. Dicha situación, está llevando a un ataque del medio ambiente con sustancias químicas de diferentes características que provoca pérdidas de vidas humanas, sin que la medicina tenga en muchos casos una explicación correcta sobre las causas de las mismas. (Flores, 2016)

En el año 2003 cerca del 78% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se debieron a actividades relacionadas con el procesado de la energía y dentro de ellas el 26% a industrias del sector energético, 24% al sector del transporte y el 17% a industrias manufactureras y de la construcción. Del 22% restante, la agricultura es responsable del 11%, los procesos industriales sin combustión el 8% y el tratamiento y eliminación de residuos el 3%. (Zaragoza, 2008)

El agua ha sido otro de los recursos afectados por las actividades de las industrias, principalmente la química. Este impacto es producto del manejo irracional de este recurso y de los residuos, muchos de los cuales se constituyen en una amenaza para la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. Estos residuos son vertidos directa e indirectamente en los cuerpos de agua superficiales, a fin de diluirlos y dispersarlos. Ahora bien, la presencia en exceso de compuestos como N, P, K que favorecen fenómenos de eutrofización, el cambio de la temperatura del agua, ya sea enfriándola o calentándola y el vertido de sustancias orgánicas e inorgánicas han provocado a nivel

global la contaminación de ríos y lagos, lo que produce serias alteraciones en las características del agua, afectando negativamente su calidad.(Flores, 2016)

1.2.1 La industria Textil en el mundo.

Industria textil es el nombre que se da al sector de la economía dedicado a la producción de trapos, tela, hilo, fibra y productos relacionados. La industria textil genera gran cantidad de empleos directos e indirectos, tiene un peso importante en la economía mundial. Es uno de los sectores industriales que más controversias genera, especialmente en la definición de tratados comerciales internacionales, debido principalmente a su efecto sobre las tasas de empleo. (Pérez, 2015)

La industria textil representa el 2,5% del comercio mundial de mercancías. La región en la que posee mayor relevancia es en Asia, cuyas exportaciones textiles representan el 4,3% de las exportaciones totales de mercancías en la región seguido por Europa Occidental con un 2.3%, América del Norte con un 1,5% y América Latina con un 1,2%.(Luna, 2008)
En el Anexo 1 se muestra el consumo de textiles y confecciones en el año 2008.

Se encuentra dentro del grupo industrial que mayor contaminación provoca al Medio Ambiente debido al gran consumo de agua y de productos químicos, los cuales son usados en dependencia del tipo de fibras a teñir, de aquí que sus residuales sean altamente contaminantes. (Pérez, 2015)

La producción de materias primas, el consumo energético y de recursos naturales, las emisiones de gases derivadas de la producción de tejidos naturales y sintéticos, el transporte mediante el que se traslada el producto de un lugar a otro, entre muchas otras son algunas de las huellas ecológicas que dicha industria va dejando a su paso. (Luna, 2008)

Asimismo, según la Environmental Justice Foundation, para fabricar un par de jeans se necesita un kilo de algodón, lo que implica a su vez entre 10.000 y 17.000 litros de agua. Las cifras indican que el 2,6% del consumo de agua en el mundo está destinado en los cultivos de algodón, y el 80% de este consumo proviene de India y Uzbekistán. De la misma forma, los tintes de la industria textil también implican un gran consumo de agua, aproximadamente 200 toneladas por una tonelada de tejido.

La producción de prendas hechas de poliéster, la fibra más usada en el mundo, requiere de millones de barriles de petróleo, lo que implica un proceso de extracción nociva para los ecosistemas terrestres y acuáticos. Incluso las fibras naturales como el algodón implican altos niveles de contaminación. El algodón necesita más de 5.000 galones de

agua en su producción y es el cultivo que más necesita plaguicidas, el 24% de todos los insecticidas y el 11% de los pesticidas en el mundo. Además, se estima que el 20% de los tóxicos que se vierten al agua provienen de la industria textil. Por tanto, los textiles tienen un precio mayor de lo que se pagan en la tienda. Las prendas llegan a manos de los consumidores tras un largo proceso de producción, que tiene implicaciones medioambientales y sociales muy significativas.

(<https://www.kienyke.com/tendencias/medio-ambiente/la-historia-detras-de-industria-de-la-moda>)

1.2.2 La industria Textil en Cuba.

Cuando la Revolución Cubana triunfa en 1959 dentro del sector textil cubano solo existía la textilera Ariguanabo ubicada en Bauta, antigua provincia de La Habana y propiedad de James Hedges, la cual poseía Hilandería, Tejeduría, Planta de acabado y Estampados, y existían pequeñas tejedurías en otras partes del país.

Luego se hizo necesario empezar a industrializar el país, constituyendo la industria textil una de las principales a poner en marcha para así cumplir con las demandas de telas que necesitaba el país y prescindir de importaciones.

A partir de 1962 se comienzan con los preparativos para implantar una textilera en La Habana, actual provincia de Artemisa, en 1963 comienzan a llegar los primeros equipos y se decide que la industria sería montada en Alquízar. Esta inicia su producción el 14 de junio de 1965 con una capacidad de 27 millones de metros cuadrados de tejido de algodón y 20 toneladas métricas de hilazas, y recibe el nombre de Empresa Nacional Textil Rubén Martínez Villena, más conocida como Alquitex. (Caro, 2016)

La próxima industria textil que se tendría en mente sería entonces la UEB "Desembarco del Granma", en Santa Clara, provincia de Villa Clara, la cual fue creada el 2 de diciembre de 1979, está concebida inicialmente con una capacidad productiva de 60 millones y luego redimensionada a 26 millones de metros cuadrados. El tejido crudo recibido proviene de China y Corea del Sur, aunque dicha entidad está pasando actualmente por situaciones problemáticas por escases de recursos como la materia prima fundamental: tejido crudo; productos auxiliares, equipos en mal estado, escases de personal, entre otros.

En Cuba actualmente existe una baja producción de hilados y tejidos en general, cuyo nivel está muy por debajo de la producción alcanzada en el país en 1989. Sin embargo, existe cierta producción de hilados y tejidos de algodón que no cubre todas las

necesidades y demanda nacional. Eso hace que tenga que recurrir a la importación de los productos que necesite para cumplir con las necesidades textiles. (Caro, 2016)

1.2.3 La UEB “Desembarco del Granma”.

La Empresa textil “Desembarco del Granma”, situada en la provincia de Villa Clara, municipio Santa Clara, carretera a Camajuaní Km 2½; subordinada a la Unión Textil (UNITEX), Grupo Empresarial de la Industria Ligera (GEIL) y perteneciente al Ministerio de Industria (MINDUS). Cuenta con un proceso productivo muy complejo abarcando todos los procesos de la rama textil, desde el diseño, hasta el acabado final de los tejidos e hilos, un proceso de hilado de fibra de poliéster de alta tenacidad, y procesos de tisaje y tintorería, además de tener una Planta de Servicios de Ingeniería (vapor, gas, aceite caliente, clima, aire comprimido, agua tratada, entre otros). Dentro de sus principales producciones se encuentran el hilo de coser, tejidos planos blancos, teñidos, estampados y la gasa quirúrgica, que se introduce en el año 2010 producto de los convenios de colaboración Cuba-Venezuela con el objetivo de sustituir la importación de este producto en el país.

Esta empresa se caracteriza además como modelo de eficiencia de una organización Estatal Socialista que se complementa por su actualización en las tendencias y el servicio pleno al cliente nacional y extranjero, garantizando un aporte considerable de divisas al estado y el mejoramiento continuo de la calidad de vida, de productos y de procesos. También mantiene relaciones comerciales con más de 200 clientes, dentro de los que destacan las empresas de Confecciones, Industrias Locales, MINSAP, MINFAR, MININT, Turismo y las TRD. Además se produce todo el tejido de ataúd e hilo de coser que se consume en el país.

La misión y visión de la fábrica están en correspondencia con las características de la empresa, se trabaja en lograr la garantía de la calidad en todos los procesos y en el incremento de la satisfacción y sentido de pertenencia de los trabajadores, para mejorar grandemente los servicios a los clientes. Se ha implementado un sistema de Gestión de la Calidad que permita la certificación primeramente del hilo y posteriormente de sus tejidos.(Hernández, 2016)

A continuación se muestra un esquema general de las Plantas tanto de producciones como auxiliares que presenta dicha entidad.

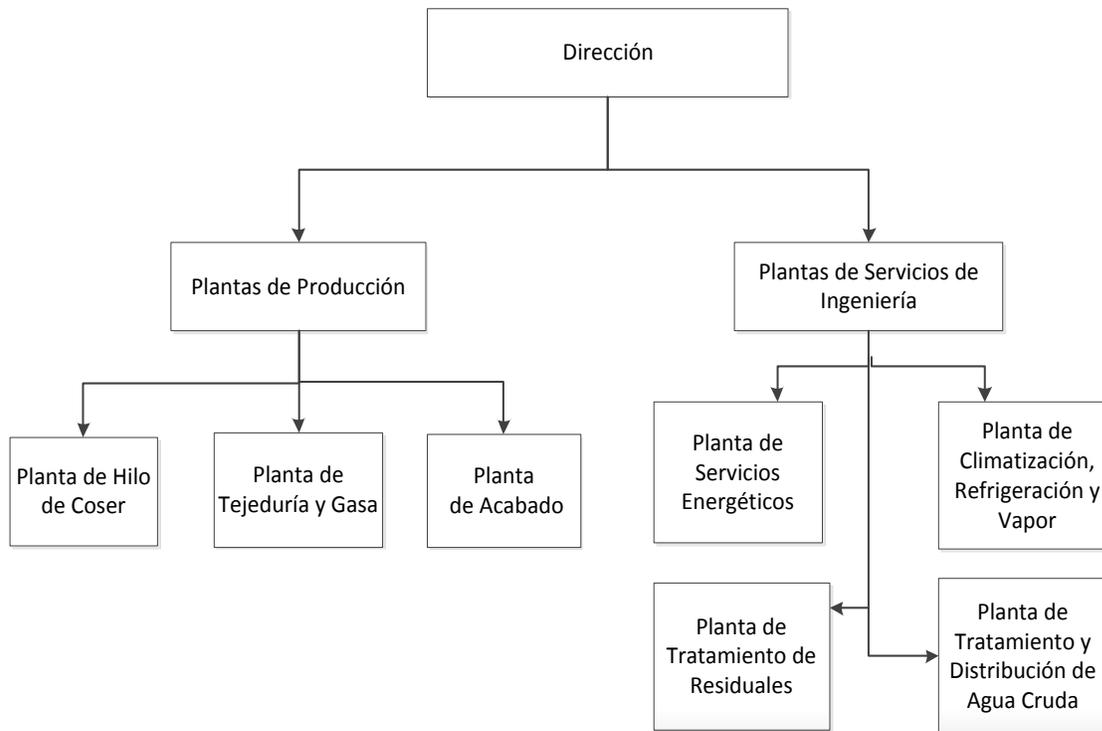


Figura 1.1: Esquema general de las Plantas presentes en la UEB “Desembarco del Granma”.

1.2.3.1 Planta de Acabado, procesos fundamentales presentes.

La Planta de Acabado tiene seis talleres productivos, su proceso comienza con la revisión del tejido crudo para la preparación del proceso de terminación del tejido. En la Fábrica entran a sus diferentes procesos todos los tipos de tejidos, en ella se define la calidad y el destino final de sus producciones.

Para el proceso de blanqueo el tejido crudo es sometido a una serie de cambios en su estructura, obtenido del tejido sometido a determinados productos químicos que influyen en sus principales características como textura, tamaño y fortaleza. Existen dos tipos de tejidos blanqueados: tejido blanqueado acabado (tejido utilizado para teñido o estampado gracias a procesos de termofijado y chamuscado) y tejido blanqueado intermedio (tejido blanqueado que por sus características no puede ser utilizado para el teñido o estampado, pero sí para su utilización como un tejido de color blanco). (TEXVI, 2016b)

El proceso de teñido desarrollado en dicha Planta consiste en un sistema continuo en el que una tela abierta a lo ancho, se impregna de colorante (en el foulard) y posteriormente

ese colorante es fijado por medio de vapor. Existen seis métodos diferentes empleados para el teñido de los tejidos de mezclas de PE-CO. (TEXVI, 2016d)

El estampado es el proceso tecnológico para estampar los tejidos de PE, VI, CO y sus mezclas, con pigmentos, colorantes reactivos o dispersos. La misma se realiza mediante cilindros que poseen el diseño de estampado y se realiza una fijación de los colorantes mediante vapor sobresaturado o aire caliente en los tejidos estampados.(TEXVI, 2016c)

El proceso de Acabado es el procedimiento que se le aplica a los tejidos planos de Poliéster, Algodón, Viscosa y sus mezclas; blancos, estampados, teñidos o preteñidos en la Fábrica de Acabado. En dicho proceso se realizan cinco tipos de acabados: acabado final (aplicación en el tejido de sustancias y procesos que le comunican nuevas propiedades para mejorar su calidad), acabado de alta calidad (proceso de aplicación de productos reticulantes que mejoran sus propiedades de inencogibilidad e inarrugabilidad), polimerizado (proceso térmico necesario para la fijación de determinados productos como blanqueadores ópticos de poliéster, etc), acabado con apresto (acabado que le comunica al tejido propiedades temporales), acabado de fácil eliminación de suciedades (acabado que se aplica al tejido para mantelería). (TEXVI, 2016a)

1.2.3.2 Sistemas Auxiliares fundamentales.

La Planta de Servicios de Ingeniería cuenta con los sistemas auxiliares de tratamiento de agua cruda, tratamiento de residuales líquidos, climatización, refrigeración, calderas y servicios energéticos.

El tratamiento de agua cruda es una acción necesaria y fundamental en la mayoría de todas las fábricas, el agua no tratada puede ocasionar perjuicios que afectan tanto al proceso como a los equipos los cuales son fundamentalmente: incrustaciones, corrosión, arrastre y cristalización. Es por ello que se hace obligatorio y riguroso el tratamiento de las aguas para la alimentación a las Calderas. Además existen otras etapas del proceso tecnológico tales como preparación de tejeduría, teñido de hilazas y los procesos de teñido y acabado de las telas que requieren agua suavizada de determinadas características.

El abastecimiento de agua cruda al combinado procede de la “ Presa Minerva “, dicha agua antes de ser tratada es almacenada en la cisterna de agua cruda, luego es bombeada al clarificador donde se añaden una serie de productos químicos. El agua tratada del clarificador fluye hacia el filtro donde es conducida a cada uno de las ochos celdas del mismo. Cada una de estas celdas contiene el medio filtrante, que está constituido por diferentes capas superpuestas de gravilla y arena. Una vez ocurrida la

filtración el agua pasa a la cisterna de agua filtrada y luego se alimenta a cada uno de los cuatro suavizadores, pero previamente se le hace una inyección de Tiosulfato de Sodio para eliminar el cloro residual que perjudicaría la resina de dichos equipos. El agua tratada es almacenada en la cisterna de agua suavizada y enviada a los procesos y equipos que lo ameriten. (TEXVI, 2005b)

Otro de los sistemas auxiliares que presenta gran relevancia en la UEB "Desembarco del Granma", y al cual se dedica gran parte de este trabajo es el sistema de tratamiento de residuales líquidos. A esta línea llegan aguas residuales producidas principalmente en los procesos de blanqueo y preparación de tejeduría trayendo consigo diversidad de productos químicos tales como, almidones y peróxido de hidrogeno, sosa cáustica y muchas otras, así como gran cantidad de sustancias orgánicas y tintes dispersos y pigmentos que son usados en los talleres de teñido y acabado. El tratamiento de aguas residuales textiles es realizado mediante un proceso de lodos activados, el mismo es un proceso aeróbico compuesto por bacterias aeróbicas, hongos, protozoos, metazoos, materia orgánica y sólidos suspendidos que contienen las aguas residuales. Los microorganismo absorben las sustancias orgánicas dentro de sus cuerpo y las almacenan donde son oxidados y descompuestas por la acción de la respiración. La energía resultante de este proceso es utilizada para el crecimiento y proliferación del lodo activado. (Díaz, 2005)

El sistema de refrigeración de la Empresa Textil "Desembarco del Granma" está previsto para el funcionamiento de las Cámaras de Clima de las Plantas de Hilandería y Tejeduría y cuenta con 6 equipos de refrigeración, que enfrían el agua hasta una temperatura de 6 °C, la cual es bombeada después hasta 40 Cámaras de Clima que tiene la Empresa. En dichas Cámaras, el agua helada absorbe el "calor" desprendido en los distintos locales y así se obtiene "aire acondicionado".

El sistema de refrigeración consta de una cisterna que contiene agua a 18 °C, la cual se bombea a través del evaporador de los equipos de refrigeración donde se enfría hasta 6 °C, pasando entonces a otra cisterna. De esta cisterna succionan las bombas de agua helada, que son las encargadas de enviarla a las Cámaras de Clima. El agua que retorna de las Cámaras de Clima cae en la cisterna de 18 °C. Existe además otro circuito de agua, totalmente independiente del anterior, el cual sirve para extraer el "calor" del refrigerante en los condensadores de los equipos de refrigeración. El agua, al pasar por los condensadores aumenta su temperatura. Para poder volver a utilizar la misma agua,

es necesario enfriarla en las torres de enfriamiento, el agua enfriada es llevada a una cisterna y luego al condensador para cerrar el circuito. (TEXVI, 2005a)

El sistema auxiliar encargado de la generación de vapor o el área de calderas como se le conoce en la entidad consta de un sistema de petróleo: sistema de recepción de petróleo, estación de bombeo, calentamiento de petróleo; sistema de agua de alimentación, sistema de vapor y Calderas.

El combustible que consumen las Calderas y los calentadores de aceite es Fuel-Oil búnker C o petróleo, el sistema de dicho combustible está formando por trece equipos. La Empresa Textil Desembarco del Granma posee tres calderas de origen japonés, cada una tiene una capacidad de 30 T/h, presión de trabajo de 12 atm y una temperatura de vapor saturado de 190, 7 °C. La finalidad de las mismas es suministrar vapor principalmente a las plantas de Tejeduría y Acabado, laboratorio de la planta de acabado, tanque de agua caliente y usos propios de la caldera como son: atomización de petróleo en los quemadores, sopleteo de los fluses, calentamiento del petróleo etc. Actualmente de las tres Calderas solo existe una en funcionamiento a una capacidad de 23T/h. El consumo de petróleo nominal, para el consumo de vapor previsto es 1T/h de petróleo que produce 13T/h de vapor. La combustión de estas Calderas es automática. Cada Caldera dispone de dos quemadores, uno principal y uno auxiliar de reserva y un ventilador de tiro forzado que suministra el aire para la combustión. (Albuerne, 2005)

1.3 Tratamiento de residuales líquidos.

Se entiende como residual líquido a todas las aguas cargadas de materia orgánica y productos ya sean contaminantes o no que se generan a partir de la actividad humana e industrial y que generalmente son vertidos a cursos de agua.

Las sociedades industriales producen y consumen, pero a diferencia de la naturaleza apenas descomponen. Para potenciar una gestión adecuada de los residuos es necesario respetar el “principio de las 3 Rs”: reducir en origen, reutilizar siempre que sea posible y reciclar (en este orden), lo que significa transferir los esfuerzos de soluciones de “final de tubería” al inicio de la producción. (Conesa, 2003)

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que resulta algo fundamental para mantener la calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento de aguas residuales con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años al punto de clasificar los sistemas básicamente en tres tipos de tratamiento de aguas residuales: tratamiento primario, tratamiento secundario

y tratamiento terciario. Las cada vez más exigentes regulaciones que se deben cumplir han abierto paso a la aplicación de nuevas tecnologías de tratamiento de agua, muchas incluso permiten una recuperación de las mismas y se dan un valor importante al residuo que se genera.

El acondicionamiento de las aguas residuales que resultará de la aplicación de una y otra de estas medidas (modificación de la naturaleza de la contaminación, reducción de la carga contaminante y concentración de esta en un volumen más reducido) tendrá una influencia directa sobre la concepción de la estación depuradora y sobre sus dimensiones, en consecuencia sobre la inversión, y sobre los gastos de explotación, dependiendo estos últimos parámetros del volumen a tratar. La incidencia económica del precio del agua y/o los gastos generalmente muy elevados del tratamiento de una contaminación diluida, justifican la implantación y la aplicación en toda empresa, de una política de utilización racional del agua.

La depuración de las aguas residuales puede llevarse a cabo mediante la aplicación de procesos físicos, químicos y/o biológicos. En función de las características de las aguas residuales, su componente orgánica así como la presencia de compuestos químicos inorgánicos, será más recomendable la aplicación de uno u otro tipo de tratamiento o la combinación de algunos de ellos.

Sin embargo, los tratamientos más usados son los que involucran microorganismos, por ser muy económicos, eficientes y porque no producen subproductos contaminantes, además de utilizarse en lugares donde se generan contaminantes orgánicos, como en el caso de la industria textil. (Chudoba, 1986)

Para medir la efectividad de los procesos de tratamiento señalados y/o describir la composición de las aguas residuales, se emplean distintas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las más comunes incluyen la determinación del contenido de sólidos, las demandas bioquímica (DBO_5) y química (DQO) de oxígeno, el pH, el contenido de nitrógeno y fósforo, el contenido de grasa y otras. (Zaror, 2000)

1.3.1 Vías convencionales y no convencionales para el tratamiento de residuales líquidos.

Para depurar el agua, generalmente es preciso combinar varios tratamientos elementales, y cuyo efecto es el de eliminar en primer lugar las materias en suspensión, a continuación las sustancias coloidales, y después las sustancias disueltas (minerales u orgánicas). Por

último deben corregirse ciertas características. En cada etapa y dependiendo de los objetivos que se pretenda alcanzar, pueden aplicarse diversos métodos de tratamiento. Los métodos de tratamiento, según su naturaleza, pueden clasificarse en: físicos, químicos, físico-químicos y biológicos.

Las operaciones unitarias físicas conforman la base de la mayoría de los diagramas de flujo de los procesos de tratamiento, dentro de estas podemos encontrar: cribado, desarenado, sedimentación, filtración, flotación y homogeneización. Las mismas forman parte de los pretratamientos y tratamientos primarios. Este primero consiste en la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos, cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de los equipos e instalaciones. Posteriormente se implementan los tratamientos primarios que pueden ser físicos o físico-químicos cuyo objetivo es eliminar la materia en suspensión, como mínimo el 60%, además se elimina cierta cantidad de DBO_5 , entre el 30-40% como máximo.

Dentro de los tratamientos primarios más empleados se incluyen la sedimentación y la filtración. La sedimentación es una operación de separación sólido - fluido, en la cual las partículas más pesadas presentes en la suspensión se depositan en el fondo por la acción de la gravedad, estas arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también, una reducción de la DBO_5 y una cierta depuración biológica. La filtración es uno de los procesos más importantes en el tratamiento de agua con lo cual es posible mejorar la calidad de la misma. La esencia de este proceso consiste en que el agua con sus impurezas es pasada a través de un material filtrante, el cual retiene gran parte de las impurezas y deja pasar al líquido.

Los procesos químicos unidos a varias operaciones físicas han sido utilizados en tratamientos primarios de residuales, pero también se han desarrollado para completar los tratamientos secundarios de determinados residuales que lo necesiten, dentro los procesos físico-químicos más empleados se encuentra la coagulación-floculación. La misma permite eliminar partículas coloidales del agua, cuya elevada estabilidad hace que no puedan ser eliminadas por procesos convencionales. Dentro de los principales agentes coagulantes se encuentran el sulfato de aluminio, el sulfato férrico y el sulfato ferroso. Esta operación es de gran relevancia para el ablandamiento de aguas.

Los procesos químicos unitarios son aquellos en los cuales se varía la composición en el agua por una reacción química, dentro de los principales podemos encontrar: coagulación, precipitación química, neutralización, adsorción, desinfección y oxidación-reducción. La coagulación consiste en la reducción de las fuerzas de repulsión eléctrica

de las partículas superficiales, provocada por adición de productos químicos llamados coagulantes, se eliminan los materiales coloidales fundamentalmente. La precipitación química elimina los sólidos disueltos y la desinfección se encarga de la destrucción selectiva de organismos indeseados. La oxidación – reducción elimina componentes que no son factible por tratamientos convencionales, muy utilizado con residuales tóxicos y peligrosos. Los tratamientos químicos forman parte de los tratamientos secundarios, además de los tratamientos biológicos.

La relación DBO_5/DQO es un factor indicativo que orienta el tipo y grado de tratamiento a emplear: $DBO_5/DQO > 0,4$ residual biodegradable y el tratamiento biológico juega un papel fundamental, $DBO_5/DQO: 0,2-0,4$ residual medianamente biodegradable, posibilidad de utilizar algún tipo de tratamiento biológico, $DBO_5/DQO < 0,2$ residual poco o no biodegradable y el tratamiento biológico no es adecuado.

Los tratamientos biológicos tienen como finalidad, eliminar la materia orgánica disuelta y coloidal. Se obtienen rendimientos elevados (80-90%). Durante dichos procesos los microorganismos consumen la materia orgánica biodegradable hasta prácticamente su agotamiento (oxidación de la materia orgánica), obteniéndose como producto las aguas tratadas y los lodos. Los tratamientos biológicos ocupan un lugar importante en los sistemas de tratamiento por diversas razones: por la disminución de la carga orgánica, son fuente de energía renovable y por la producción de biomasa.

Dentro de los tratamientos biológicos fundamentales están: lagunas de oxidación, digestores aeróbicos y anaeróbicos, filtros biológicos, biodiscos y lodos activados. Este último es el tratamiento más utilizado actualmente. No son, sin embargo, fáciles de operar y controlar, pues dado que operan con poblaciones mixtas y sustratos complejos, resulta más difícil mantener el estado estacionario, sobre todo si el afluente está sometido a fluctuaciones continuas en cuanto a flujo y composición, como en el caso de la Empresa textil “Desembarco del Granma”.

Para los tratamientos mencionados anteriormente se emplean microorganismos que pueden ser: aerobios, anóxicos, anaerobios y combinaciones de procesos aerobios con anóxicos o anaerobios; cada uno puede ser, a su vez, de cultivo en suspensión, de cultivo fijo o combinado.

En algunos casos de tratamientos de residuales líquidos es necesario el empleo de un tercer tratamiento. El tratamiento terciario se lleva a cabo cuando el agua quiere reutilizarse o para eliminar contaminantes que no se han visto afectados por los

tratamientos antes mencionados, ejemplo de tratamientos terciarios son la ósmosis inversa para eliminar sales y la eliminación de nutrientes (N y P).(Díaz, 2006).

1.3.2 Sistema de tratamiento de lodo activado de la UEB “Desembarco del Granma”.

El proceso de Lodo Activado es un cultivo continuo de una población mixta de microorganismos, con o sin recirculación de biomasa, mediante el cual los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales son utilizados como sustratos, sus dos objetivos principales consisten en la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y la floculación, que permite la separación de la biomasa nueva del efluente tratado. Su nombre está dado por la producción de una masa activa de microorganismos capaces de estabilizar el residuo en forma aeróbica y aunque se asemejan a los procesos fermentativos, se diferencian de ellos en que los microorganismos no se encuentran dispersos en el medio, sino que forman agrupaciones (flóculos), lo que les permite, una vez metabolizados los compuestos disueltos, sedimentar fácilmente. (Díaz, 2006, Méndez, 1997)

La mezcla (licor mixto) es agitada para mantener los lodos en suspensión y para que el líquido reciba el oxígeno necesario para la proliferación de los microorganismos, que absorben las sustancias orgánicas y las almacenan, oxidándolas a CO_2 , agua y NH_4^{1+} para ser descompuestas por la acción de la respiración; la energía resultante de este proceso es usada en el crecimiento y proliferación del lodo activado, con la ayuda de enzimas catalíticas segregadas por los propios microorganismos.(Díaz, 2006)

A la Planta de tratamientos de la UEB “Desembarco del Granma” llegan, principalmente, líquidos residuales procedentes de los procesos de blanqueo y preparación de tejeduría, los que traen diversos productos químicos, tales como: almidones, sosa cáustica y peróxido de hidrógeno, entre otros; así como una gran cantidad de sustancias orgánicas, como los tintes tintas dispersos y los pigmentos que son usados en los talleres de teñido, acabado y estampado.

A su llegada al sistema, el residual pasa a través de unas pantallas de barras que eliminan las grandes inclusiones que éste trae consigo; posteriormente, y luego de controlado su flujo con un medidor “Parshall Flume N° 2”, va a la cisterna de segundo ajuste para su homogenización aquí se inyecta aire con un soplador que además de crear turbulencia tiene la función de incorporar oxígeno disuelto al agua.

De esta cisterna es bombeada el agua por las bombas de segundo ajuste hacia la cisterna de neutralización, en la que se controla su pH (6÷7) con ácido sulfúrico (H_2SO_4), para caer por gravedad dentro de la cisterna de aireación. En esta última, se mezcla con el lodo activado procedente de la cisterna de primera sedimentación, requiriéndose el abasto de oxígeno mediante un aireador flotante para garantizar la respiración de los microorganismos aeróbicos y también lograr una buena mezcla entre el agua contaminada entrante y los microorganismos allí existentes, los que digieren gran parte de la materia orgánica del líquido tratado.

En la actualidad el sistema de trabajo de la planta no contempla el funcionamiento estable del aireador las 24 horas del día, por lo que el déficit del oxígeno suministrado incide desfavorablemente en el desarrollo del proceso biológico al atentar contra el normal desenvolvimiento de los microorganismos presentes.

El líquido mezcla pasa por gravedad a la cisterna de primera sedimentación, donde se separan los sólidos (flóculos) del licor. Estos sólidos sedimentados, como se ha dicho, son devueltos por las bombas de retorno de lodo a la cisterna de aireación, después de pasar por un medidor de flujo para mantener la concentración de sólidos requerida en aireación; el exceso de lodo (si existiera) es bombeado por las bombas de drenaje hacia el espesador. Por su parte, el sobrenadante es conducido, también por gravedad, a la cisterna de mezcla, para luego seguir su curso hacia la cisterna de segunda sedimentación, aquí sobrenadante es descargado como agua residual tratada al exterior de la empresa, en tanto que el sedimento se conduce por las bombas de drenaje de lodo hacia el espesador.

En el espesador se separa nuevamente la fase sólida de la líquida. El sobrenadante pasa por gravedad a la cisterna de segundo ajuste para ser reprocesado y el lodo concentrado se transporta, mediante las bombas de transferencia, al patio de secado, para su secado a través de diversas capas de arena y grava que posee un lecho como medio filtrante, hasta convertirse en una torta seca de 60 % de humedad y un espesor de 31 mm. (Pérez, 2015)

A continuación se muestra el diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Residuales de la UEB "Desembarco del Granma".

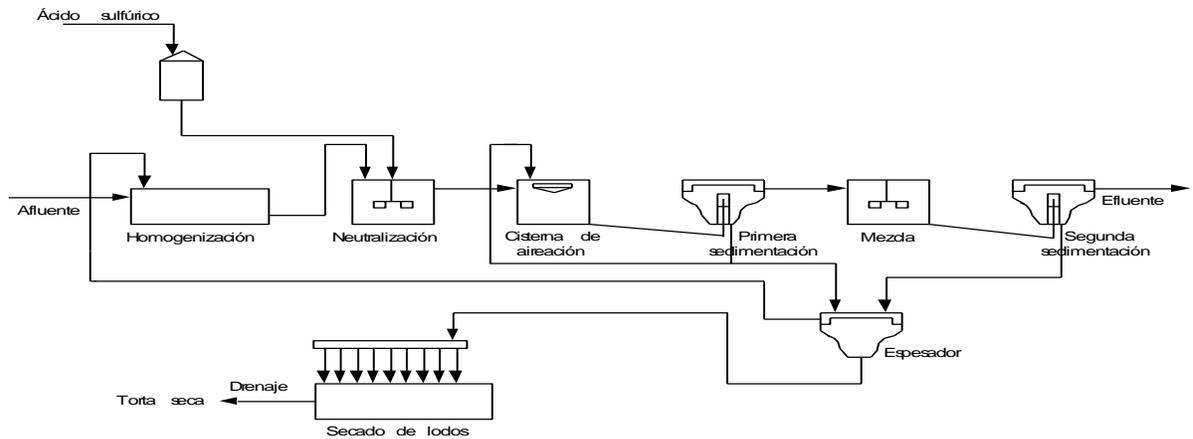


Figura 1.2: Diagrama de flujo actual de la Planta de Tratamiento de Residuales de la Empresa textil “Desembarco del Granma”, de Santa Clara.

Como resultado de todo lo anterior, se obtiene un residual depurado cuyos parámetros de vertimiento se muestran en la tabla 1.2 y además una torta seca, como residuos sólidos. El reuso de los lodos necesita ser evaluado (previa caracterización), ya que en la actualidad se depositan en lechos sin ninguna utilidad práctica.

Tabla 1.2: Características físico-químicas del residual (de acuerdo a criterios de diseño).

Parámetros	U.M.	Afluente	Efluente
pH	-	8÷12	6÷9
DBO	mg/L	5÷400	40
SST	mg/L	3÷300	30
n-Hexano	mg/L	1÷110	10

En el Anexo 4 se muestran los parámetros de diseño del sistema de lodos activados de la Empresa Textil "Desembarco del Granma".

1.3.3 Nutrición de lodos activados.

Para que un sistema biológico funcione correctamente, es necesario que se hallen presentes cantidades adecuadas de nutrientes, en concreto macronutrientes (C, H, N, P y S) que son requeridos en grandes cantidades y micronutrientes o elementos traza los cuales son requeridos en pequeñas cantidades como algunas vitaminas o metales pesados entre los que se encuentran el Mn, Co, Zn, Mo etc.

Las características del medio en el que se desarrollan los microorganismos encargados de la depuración influyen de manera directa sobre el rendimiento de estos procesos. Dentro de estas condiciones ambientales, la presencia de macro y micronutrientes en el medio es primordial para un desarrollo perfecto de estas poblaciones biológicas. La ausencia de nutrientes repercute negativamente sobre el estado metabólico de la microbiota presente en los fangos, disminuyendo la eficiencia de depuración. (Cruz, 2011) Cuando tiene lugar una deficiencia de nutrientes, normalmente existe una superproducción de polisacáridos. La consecuencia de todo ello es que el fango pasa a tener una pobre decantabilidad, un posible efecto bulking (fango filamentoso) y problemas en su deshidratación, también este efecto puede producirse por deficiencia de oxígeno. La deficiencia de nutrientes provoca en la biomasa una merma de su actividad biológica normal y por lo tanto con la incorporación de nutrientes esta actividad va reactivándose con el tiempo.

El nitrógeno y fósforo pueden ser un factor limitante en caso de que no estén presentes en cantidades suficientes en el agua residual. Por esta razón se hace necesario controlar el proceso mediante la adición de cantidades de nutrientes necesarias para que la depuración biológica se desarrolle normalmente. La relación DQO/N/P popularmente conocida es 100/5/1, aunque ha recibido alternativas de diferentes estudios y proyectos relacionados como por ejemplo la relación 100/2,5/0,5 para aguas mixtas e industriales.

Dentro de las fuentes de fósforo más utilizadas para la adición de nutrientes a aguas residuales se encuentra una mezcla de 50/50 % de K_2HPO_4/KH_2PO_4 y H_3PO_4 con control de pH. La principal fuente de nitrógeno más empleada es la urea, aunque pueden emplearse otros compuestos. Para su uso se recomienda dosificarla en cabecera de Planta, con el fin de permitir un tiempo suficientemente largo como para que la enzima ureasa la pueda hidrolizar y dar paso a la formación de aminas que subsecuentemente serán utilizadas por las bacterias.

Aunque el papel de los macronutrientes es el fundamental, los micronutrientes no se pueden dejar pasar por alto, tal es el caso del hierro que representa el 0,2% de la célula y un componente esencial para el proceso de oxidación-reducción de las reacciones bioquímicas que afectan directamente a la formación del flóculo. (Serrano, 2005)

En la UEB "Desembarco del Granma" existen fluctuaciones bastante irregulares de caudal debido a las producciones escasas que se están desarrollando, esto trae como consecuencia el déficit de cargas orgánicas y nutrientes que poseen estos residuales líquidos, por lo cual se hace necesaria la adición de sustancias que favorezcan estos

nutrientes. Años atrás a estos residuales se le añadía hidróxido de amonio (NH_4OH) al 30% y ácido fosfórico (H_3PO_4) al 16%, pero existen problemas con la adquisición de estas sustancias.

Recientemente se le ofreció a la empresa la compra de un producto que actúa como una mezcla de nutrientes para el desarrollo efectivo de la depuración, esta sustancia llamada CENTERFOOD XL, es desarrollada por la empresa española COLORCENTER quien se encarga de investigar e innovar en el mercado de la química textil, en la cual disponen de una amplia gama de soluciones biológicas, destacando refuerzos de la biomasa, minimización de fangos generados, eliminación de compuestos específicos, ayudas biológicas etc.

A continuación se muestra una tabla referida por COLORCENTER en su catálogo, sobre las características principales del depurador biológico.

Tabla 1.3: Características principales del CENTERFOOD XL. (COLORCENTER, 2016b)

Nombre	Clasificación	pH	Actividad	Cantidad de dosificación
CENTERFOOD XL	Nutriente biológico	7	D.Q.O. ($\text{mg O}_2/\text{g}$) 500-600	1 $\text{Kg}/1\text{m}^3$ de agua residual

En este trabajo de diploma se desarrollarán una serie de experimentos con dicho producto para así evaluar la actividad de los microorganismos con o sin la presencia de nutrientes. Se tomarán muestras de las aguas residuales en diferentes situaciones de trabajo de la UEB “Desembarco del Granma”, a cada muestra se le realizarán dos análisis con su original y réplica, uno para la determinación de los sólidos suspendidos volátiles (SSV) sin la presencia del depurador biológico y otro con la presencia de dicho producto, y de esta forma observar como disminuye la actividad microbiana sin la presencia de nutrientes y como aumenta con la alimentación requerida.

1.4 Huella del agua.

La huella de agua es un indicador de toda el agua que se utiliza en la vida diaria; para producir la comida, en procesos industriales y generación de energía, así como la que se ensucia y contamina a través de esos mismos procesos. Posiblemente nunca se pregunta cuánta agua se necesita para elaborar ciertos productos, lo cual puede ser debido a la

creencia de que existe gran abundancia de agua. Sin embargo, debido al crecimiento y desarrollo tecnológico, industrial y de servicios, cada vez incrementa más la demanda de mayores volúmenes de recursos naturales, incluyendo el agua.

La huella hídrica considera únicamente el agua dulce y se conforma de 4 componentes básicos: volumen, color/clasificación del agua, lugar de origen del agua y momento de extracción del agua. La HH para un producto, es el contenido total de agua azul (agua que se encuentra en los cuerpos de agua superficial), verde (agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad) y gris (agua contaminada durante un proceso) involucrada en toda la cadena de procesos de elaboración del mismo. (Cortés and Pérez, 2007)

El paso más importante para el cálculo de la HH es la determinación del balance hídrico por unidad, que posteriormente se agregará para obtener el balance hídrico total de todo el sistema analizado. Los datos para la evaluación del sector industrial, son datos de cada una de las Plantas o sectores involucrados; es decir que, para determinar la HH de un sector textil se deben tomar en cuenta los datos de volumen de agua facturada, volumen del efluente, concentración de parámetros en el efluente, porcentaje agua evaporada, etc. El enfoque de evaluación para este sector es de procesos y se cuantifica la HH Azul y la HH Gris. (<https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>).

Ya que la mayor parte del consumo de agua es indirecto, es necesario conocer las cantidades de agua que se encuentran detrás de la fabricación o elaboración de cada producto. Esa es la razón por la cual fue creado el concepto de huella hídrica (HH), que toma en cuenta toda el agua que de alguna manera se emplea para todas las actividades humanas, con lo que se altera el ciclo del agua en el planeta. La HH puede aplicarse a productos, regiones, organizaciones o personas, y puede referirse a la producción o al consumo.

Ejemplo de determinación de huella del agua:

Para obtener 1 kilo de tela de algodón, se requieren 10,800 litros de agua. De esa cantidad, 45% representa el agua para riego consumida por la planta de algodón; 41% es agua de lluvia que se evapora del campo de cultivo durante el periodo de crecimiento; y 14% es el agua necesaria para diluir el agua residual que resulta del uso de fertilizantes en el campo y de sustancias químicas en la industria textil: para el blanqueamiento de la tela se requieren aproximadamente 30 mil litros de agua por tonelada de algodón y para el teñido de la tela 140 mil litros por tonelada. Así, una playera de algodón, con un peso aproximado de 250 gramos tiene una huella hídrica de 2700 litros.

El agua virtual (AV) representa el cálculo de la cantidad total de agua que se requiere para obtener un producto, lo cual incluye el agua utilizada durante el cultivo, el crecimiento, procesamiento, fabricación, transporte y venta de los productos. Para cada alimento y producto agrícola o industrial se puede calcular el contenido de agua virtual y se dice que es virtual porque no está presente en los productos finales.

El concepto de la huella hídrica (HH) se encuentra muy ligado al de agua virtual, ya que la HH es un concepto que se refiere al agua utilizada en la creación de un producto, por lo cual, podemos hablar del “contenido de agua virtual” de un producto, en lugar de su huella hídrica. No obstante, la huella hídrica HH tiene una aplicación todavía más amplia, ya que refiere al índice de consumo de agua a través del conjunto de productos o servicios que esta consume.

Debido a que no todos los bienes consumidos en un país son producidos en el mismo, la huella hídrica se calcula tomando en cuenta el uso de los recursos hídricos domésticos y los procedentes del extranjero. Cuando se importan bienes, se está importando también la cantidad de agua que se usó en otros países para producirlos y transportarlos. Cuando se exportan, también se exporta agua. Al intercambio de agua relacionado con el comercio internacional se le llama mercado de agua virtual.

A pesar de que el cálculo del agua virtual y la huella hídrica parezca no estar relacionado con la vida cotidiana de las personas, resulta que nuestros patrones de consumo y producción involucran mucha agua, y quizá tienen efectos en otra región del país o del mundo. Estos conceptos permiten visualizar y tomar en cuenta el consumo real de agua de las actividades humanas, y relacionarlo con factores antes considerados externos, tales como el comercio, la mercadotecnia y la globalización. También sirven para generar conciencia sobre el esfuerzo hídrico que implica nuestro estilo de vida. (Cortés and Pérez, 2007)

En el mundo, por término medio, el 22 % de la huella hídrica de una persona se produce en otro país (836 de 3800 litros). Estos 836 litros son agua virtual importada, es decir, agua usada para producir los bienes importados en su lugar de origen. Muchos países ahorran en recursos hídricos mediante la importación de mercancías cuya fabricación requiere de una gran cantidad de agua y la exportación de mercancías que requieren menos cantidad. El ahorro de agua de un país mediante la importación de un producto puede suponer un ahorro de agua a escala mundial si el flujo procede de lugares cuya productividad hídrica es relativamente elevada (es decir, mercancías con escasa huella

hídrica) y se dirige a lugares con una productividad hídrica baja (mercancías con una gran huella hídrica).

Al tener solo en cuenta el uso del agua en su propio país, los gobiernos tienden a pasar por alto la cuestión de si el consumo nacional es sostenible. Muchos países han externalizado considerablemente su huella hídrica sin evaluar si los productos importados están relacionados con el agotamiento o la contaminación del agua en los países productores. Pocos de los países que han externalizado su huella hídrica entienden que la consecuencia es la dependencia de recursos hídricos extranjeros e ignoran los riesgos potenciales que este planteamiento puede conllevar. (Hoekstra and Mekonnen, 2012).

1.5 Producciones más limpias.

El concepto de Producción más limpia (P+L) fue introducido en el año de 1989 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUM) y definido como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada y aplicada a procesos, productos y servicios para mejorar la ecoeficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente”. Por lo tanto, es una estrategia de carácter preventivo la cual se le puede aplicar a los diferentes procesos industriales y comerciales, cuyo principal fin es reducir las emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, pero también aumentando la productividad y la competitividad de las labores. (Arroyabe and Garcés, 2007)

Existen cinco acciones fundamentales que pueden tener una participación individual o colectiva, para establecer una producción mas limpia:

1. La minimización y el consumo eficiente de insumos, agua y energía.
2. La minimización del uso de insumos tóxicos.
3. La minimización del volúmen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo.
4. El reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta o proceso productivo y, si no, fuera de ella o él.
5. La reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida, desde la planta hasta su disposición final.

Por tanto en los procesos de producción, la Producción más limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones. Desde el punto de vista del producto

terminado busca reducir los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida, desde la extracción hasta la disposición final.

La última década ha sido testigo de significativos cambios en las políticas de protección y control ambiental en el ámbito internacional, con los cuales se promueve la adopción de enfoques preventivos en las actividades productivas y de servicios, relegando a un segundo plano la utilización de tecnologías de control de salida al final de los procesos.

En la industria textil es de gran relevancia la aplicación de las medidas de Producciones más limpia debido a su gran huella contaminante, en lo que respecta a la materia prima sería factible la sustitución de fibras químicas sintéticas por fibras procedentes del algodón orgánico, lo cual tiene como principal objetivo eliminar uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos, haciendo más respetuoso con el medio ambiente el proceso de obtención de la materia prima del algodón. Además, las aguas residuales obtenidas tienen mejor tratamiento posterior al no contener tantos productos contaminantes. (Kassner, 2016)

Otra de las principales preocupaciones en materia medioambiental relacionada directamente con la industria textil es el elevado consumo de agua que se requiere para llevar a cabo los procesos de acabado y consecuentemente las grandes cantidades de agua residual que se generan con una alta carga contaminante derivada del uso de todo tipo de productos auxiliares, colorantes y aguas de lavado de las fibras textiles. Además son importantes otros parámetros como el consumo energético, las emisiones atmosféricas, los olores y los residuos sólidos propiamente dichos.

En la UEB “Desembarco del Granma”, en especial en la Planta de Acabado existen una gran cantidad de problemas que afectan directamente al medio ambiente debido a que sus procesos involucran una gran cantidad de sustancias químicas, colorantes y otros recursos que provocan emisiones y contaminación al agua y medio circundante. Es posible la identificación de las afectaciones que provocan productos químicos y otros recursos sobre el medio ambiente mediante la realización del análisis de ciclo de vida (ACV) y proponer medidas de producciones más limpias, para obtener un tejido con la calidad requerida a través de un proceso más factible desde el punto de vista ambiental. (Cabrera et al., 2018).

La Producción más limpia requiere modificar las actitudes, desarrollar una cultura de gestión ambiental responsable mediante la formulación de políticas nacionales y la evaluación de alternativas tecnológicas que busquen la reducción de los residuos desde su origen, la reutilización de los recursos y el tratamiento o control de los desperdicios,

esto quiere decir, que la Producción más limpia no necesariamente implica que no genere cero emisión, sino que los beneficios sociales marginales sean equivalentes a los costos sociales marginales en lograr tales reducciones. (Arroyabe and Garcés, 2007)

Por otra parte las tecnologías de producción limpias del sector industrial reducen los contaminantes, la cantidad de energía y recursos naturales necesarios para su producción, comercializa y usa sus excedentes por medio de cambios en los procesos productivos. Otro punto importante es la reducción del origen que incluye el uso racional de los recursos y materias primas y el uso de materiales menos nocivos para el ambiente denominanse las buenas prácticas productivas, generando recursos de mejor calidad y con menor impacto negativo ambiental. (Kassner, 2016)

Conclusiones parciales:

El tratamiento de aguas residuales textiles es realizado mediante un proceso de lodos activados, el mismo es un proceso aeróbico.

Durante los tratamientos biológicos los microorganismos consumen la materia orgánica biodegradable hasta prácticamente su agotamiento, obteniéndose como producto las aguas tratadas y los lodos.

A la Planta de tratamientos de la UEB “Desembarco del Granma” llegan, principalmente, líquidos residuales procedentes de los procesos de blanqueo y preparación de tejeduría, los que traen diversos productos químicos.

La ausencia de nutrientes repercute negativamente sobre el estado metabólico de la microbiota presente en los fangos, disminuyendo la eficiencia de depuración.

El paso más importante para el cálculo de la huella del agua es la determinación del balance hídrico por unidad, que posteriormente se agregará para obtener el balance hídrico total de todo el sistema analizado.

Capítulo 2

Capítulo 2. Determinación de la Huella de Agua de la Planta de Acabado de la UEB "Desembarco del Granma".

2.1 Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del tejido PE/CO en la Planta de Acabado.

Teniendo en cuenta las afectaciones medioambientales y consumos de las industrias textiles expresadas en el capítulo anterior, se hace necesaria la aplicación de una metodología (ACV) para la evaluación de dichos impactos, en sus diferentes etapas de producción en la Planta de Acabado de la UEB "Desembarco del Granma". Con el ACV se cuantifica y compara los impactos en distintas categorías de impacto ambiental, para la toma de decisiones, en la implementación de estrategias y políticas que permitan la reducción de carga ambiental a lo largo de todo el proceso de producción.

El estándar ISO 14044 define el ACV como una compilación y evaluación de las entradas y salidas y los impactos potenciales ambientales de un sistema de producto a través de su ciclo de vida, que incluye desde la adquisición de materia prima hasta la disposición final, en el ACV para este trabajo solo se hace referencia a la producción del tejido poliéster-algodón PE/CO en sus diferentes procesos de tratamiento: Blanqueo, Teñido, Estampado y Acabado, para el mismo se emplea el programa SimaPro Versión 9.0.0.35, con el fin de simular las entradas y salidas de la Planta, tanto de agua como productos auxiliares, electricidad, vapor entre otros, tomando con referencia un m² de tela de PE/CO.

2.1.1 Caracterización de la línea de Blanqueo de la Planta de Acabado en la UEB "Desembarco del Granma".

Para realizar el proceso de blanqueo se enrolla el tejido en montantes por referencia y según las solicitudes de los clientes, ya en montantes de alrededor de 5000 m, el tejido es colocado en el sistema de alimentación de la línea de blanqueo para comenzar el proceso.

La primera etapa es la de chamuscado en cual se cepilla el tejido y en dos quemadores de gas (LPG), se eliminan las fibrillas que sobresalen de la superficie de los tejidos por ignición, lográndose con esto que la superficie del tejido quede limpia y se modifique la sensación al tacto. El chamuscado, se realiza mediante elevación de temperatura por encima del punto de inflamación de la fibra y en presencia de oxígeno que es aportado por el aire. La temperatura suele ser de 250 a 270 °C.

Posteriormente se realiza un lavado previo donde el tejido pasa por una serie de cajas de lavado (5 en total) con agua caliente entre 95-100°C.

Luego ocurre una etapa simultánea de desencolado-descrudado-blanqueo, en la cual el tejido entra al saturador donde se impregna en una mezcla de sosa cáustica, peróxido de hidrógeno, humectantes y secuestrantes. Bajo la acción de estas sustancias ocurren 3 procesos diferentes: el desencolado, el descrudado y el blanqueo. El primero tiene como objetivo eliminar del tejido la cola en que se impregnó al sistema de hilos de urdimbre en el proceso de tejeduría pues esta limita la absorción del agua y las sustancias químicas por las fibras. El descrudado que no es más que el tratamiento con sosa cáustica concentrada para eliminar impurezas presentes en la fibra de algodón, confiere absorción y mejora la humectabilidad de los tejidos en los procesos de blanqueo y tintura. El blanqueo se realiza con peróxido de hidrógeno, que es el responsable de destruir por oxidación el pigmento natural de las fibras de algodón y los pequeños residuos de semillas que permanecen en el tejido. El tejido permanece alrededor de 30 minutos en una atmósfera de vapor de 100°C en el vaporizador, después de haber sido impregnado en las sustancias mencionadas.

Posteriormente el tejido pasa por una serie de cajas de lavado para eliminar las suciedades que se le han quitado al tejido. Las primeras dos trabajan a una temperatura entre 95 y 100°C. La caja siguiente es doble, el primer compartimento tiene agua a 65°C y el segundo trabaja a temperatura ambiente para realizar el neutralizado con ácido acético. La posterior caja de lavado opera inversamente, es decir, la primera parte está con agua a 30°C y la segunda a 65°C. Luego le sigue la última caja que trabaja a 80°C.

El tejido pasa finalmente a las torres de secado. Estas están compuestas por una serie de cilindros (20) que se alimentan con vapor y que trabajan con una temperatura de 160°C. El enfriamiento de la tela se hace con agua fría en los dos últimos cilindros de la torre.

En caso de que el tejido se fuera a teñir o estampar, tiene que pasar por dos etapas más, el mercerizado y el termofijado. Se denomina mercerizado al conjunto de procedimientos que producen en las fibras celulósicas (algodón) un cambio en su estructura interna que se traduce en aumento de brillo y de su reactividad frente a determinados compuestos químicos y a los colorantes. Esta etapa se realiza con sosa cáustica altamente concentrada, la cual se impregna en el tejido a través de una serie de baños, poco después el tejido se estira longitudinalmente y a lo ancho en una rama y se lava con agua caliente a 95-100°C con el objetivo de eliminar toda la sosa cáustica, finalmente se neutraliza con ácido acético y se seca.

Si el tejido es de poliéster-algodón pasa por una última etapa llamada termofijado. Este proceso se realiza en ramas parecidas a un horno. En este equipo el tejido es sometido a

altas temperaturas (200°C) con el objetivo de enderezar la trama y estirar el tejido. (Linares, 2015)

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de blanqueo de tejido crudo perteneciente a la línea italiana MCS de la Planta de Acabado.

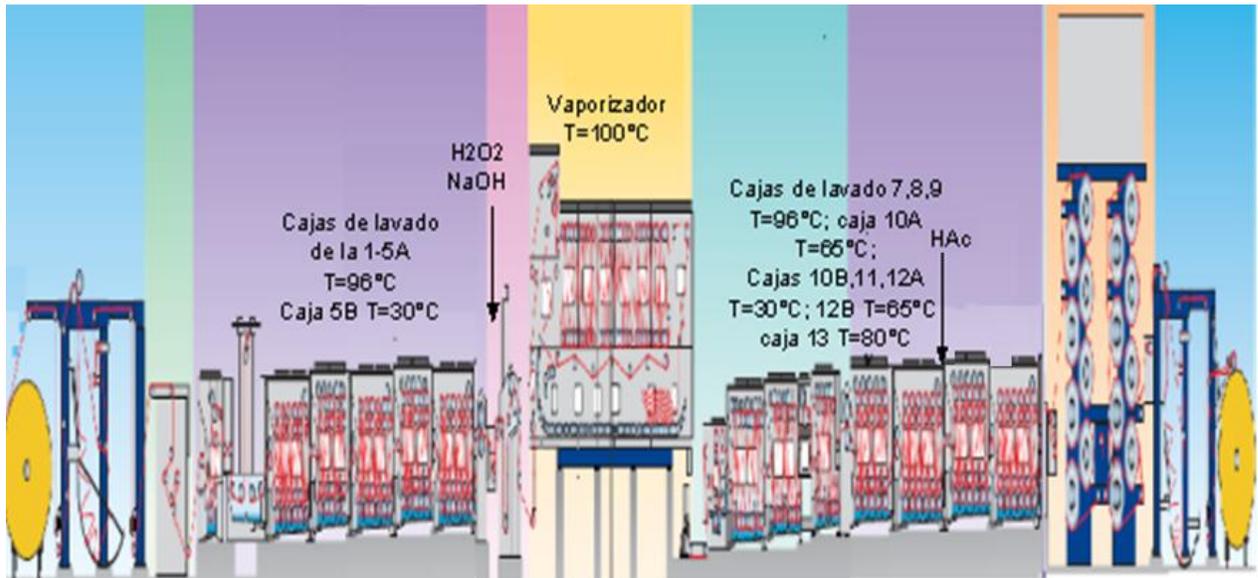


Figura 2.1: Diagrama de Flujo del Proceso de Blanqueo de Tejido Crudo.

2.1.2 Caracterización de la línea de Teñido de la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”.

El teñido es un proceso continuo. Al foulard se le bombea una solución elaborada en el cuarto de preparación, compuesta por: colorantes dispersos y reactivos, productos auxiliares (antimigrante, dispersante, humectante, carbonato de sodio y cianoguanidina) y agua. Esta solución es función de la receta enviada por el laboratorio. La tela se impregna de la solución colorante en el foulard. Posteriormente es secada y pasa al termosol para termofijar el color. Una variable de operación importante a controlar durante la reacción es la temperatura, la cual no debe exceder los 210°C porque se afectaría la calidad del tejido, por ejemplo su textura.

En el foulard y en el termosol la tela de referencia 23 pasa a una velocidad de 40 m/min. El consumo de vapor en el secado inicial es de 960 kg/h.

Una vez fijado el color, el tejido pasa a un tren de lavado para eliminar el colorante superficial (que no fue fijado). Se realizan lavados consecutivos. En las primeras cinco cajas la temperatura del agua es de 55 a 60°C. En la caja seis se añaden detergente

aniónico y carbonato de sodio, el agua alcanza una temperatura de 90 a 95°C. En la caja siete la temperatura del agua es de 80 a 90°C, mientras que en la ocho es de 55 a 60°C. En la caja nueve el lavado se realiza a temperatura ambiente. Posteriormente se realiza un secado indirecto, en un secadero compuesto por 24 cilindros, donde se emplea vapor en 21 de ellos y en los tres últimos se utiliza agua para enfriar la tela hasta una temperatura de 35°C.

El tinturado es uno de los procesos más cuestionados dentro de la industria textil, por su generación de carga contaminante e impacto en el medio ambiente. Es un proceso netamente húmedo que genera una gran cantidad de efluentes contaminados por colorantes, auxiliares químicos y sólidos suspendidos. (Ordoñez and Morillo, 2012)

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de teñido de la Planta de Acabado.

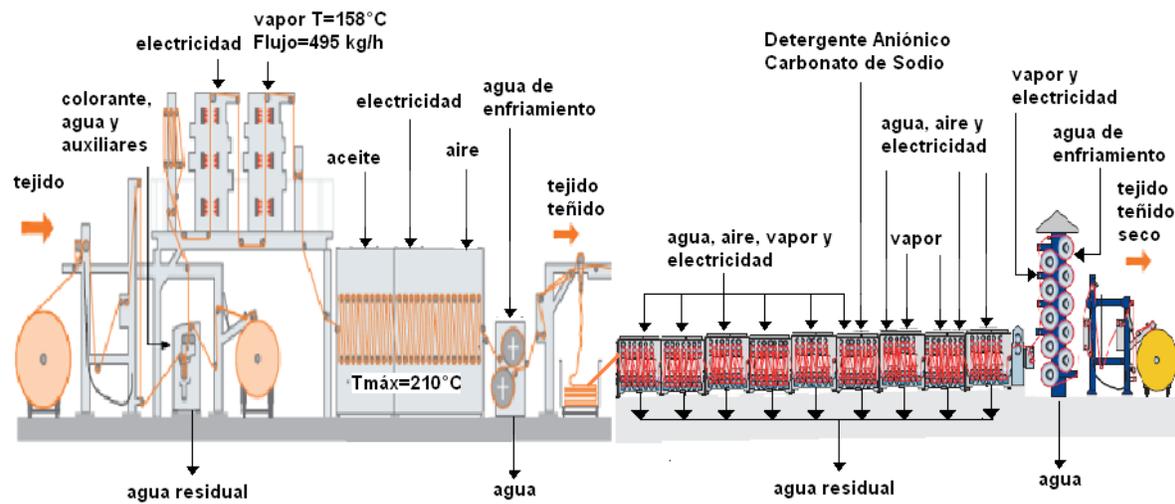


Figura 2.2: Diagrama de Flujo del Proceso de Teñido.

2.1.3 Caracterización de la línea de Estampado de la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”.

El proceso comienza con el diseño que va a quedar plasmado con el estampado del tejido, después de aprobado por el comprador pasa a la etapa de fotograbado donde comienza por la separación de los colores de forma manual o fotográfica que va a tener como máximo ocho películas. Se toma el cilindro y se le da un baño de laca y después se le pone una película a cada cilindro y se monta en un banco de luz, donde recibe rayos ultravioleta, en las partes claras del dibujo la laca se seca pero en las partes oscuras no, por lo que se sumerge en un tanque con ácido nítrico a (95,4%) y detergente (no iónico) y

se lava con una esponja y SCR 33 quedando solamente la partes claras y por último se revisa en una mesa de prueba.

La etapa de estampado comienza con la preparación de la pasta donde primero se prepara la pasta madre que lleva espesante, emulsionante, etilen glicol (2%), antiespumante y agua, la cual tendrá una viscosidad por encima de 20 000 cps y pH por encima de 9. Para la preparación de la pasta se añade pigmento, ligante, fijador, suavizante, etilen glicol y la pasta madre y se mezclan en un mezclador, se echan en filtros y junto con los cilindros se llevan a la estampadora; donde se comienza a estampar la tela aquí el tejido va a entrar por una máquina de entrada la cual va a estirar la tela después pasa por la mesa y por encima los cilindros. El tejido se deberá secar sin contacto, luego pasar al vaporizado donde se fijará el colorante donde ocurre la polimerización del ligante y en caso de ser necesario se lavará. En dependencia del colorante utilizado será la temperatura y el tiempo de fijación, así como el agente térmico que puede ser vapor o aceite térmico. (Macromedia, 2016)

A continuación se muestra el diagrama de bloques del proceso de estampado de la Planta de Acabado.

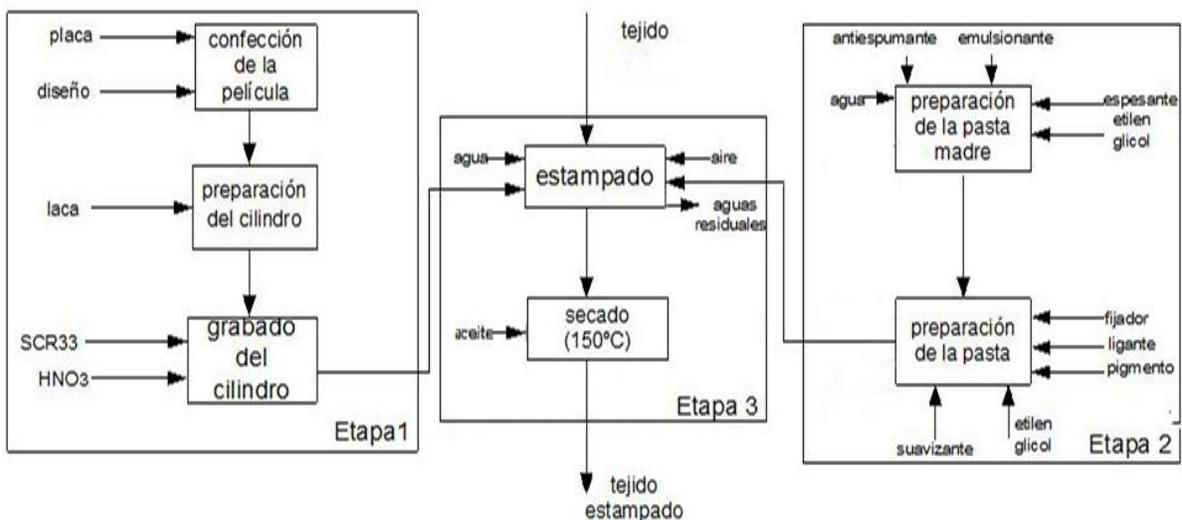


Figura 2.3: Diagrama de Bloques del Proceso de Estampado.

2.1.4 Caracterización de la línea de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”.

El acabado final tiene como objetivo el mejoramiento de las propiedades estáticas y de uso del tejido, dándole nuevas o mejorando las ya existentes, a través de procesos

mecánicos, físicos-químicos y químicos, mejorando en general la calidad final del tejido y sus propiedades de uso o explotación.

El acabado mecánico incluye la estabilidad del ancho, el enderezado de la trama, la disminución del encogimiento por urdimbre, entre otros. Esto último se realiza en máquinas denominadas Sanforizadoras.

El acabado químico posee gran relevancia ya que consiste en transmitirle al tejido nuevas propiedades de uso según su destino final, mediante la aplicación de diferentes productos químicos. De esta forma el tejido puede obtener suavidad, menos tendencia al arrugado, facilidad al cosido y repelencia al agua. (Hernández, 2014)

A continuación se muestran los esquemas de bloques para el tejido estudiado PE/CO.

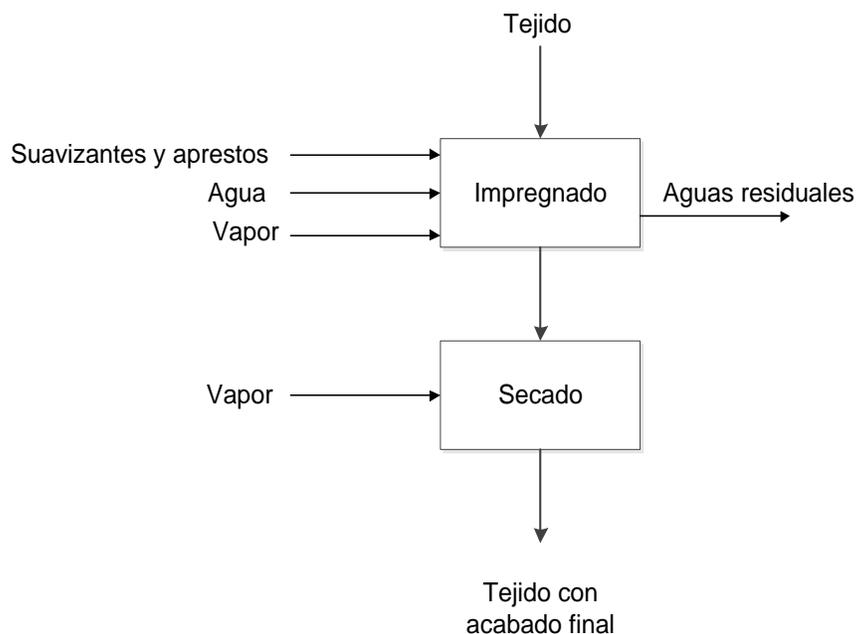


Figura 2.4: Diagrama de Bloques para aplicación de suavizantes y aprestos a tejidos de PE/CO.

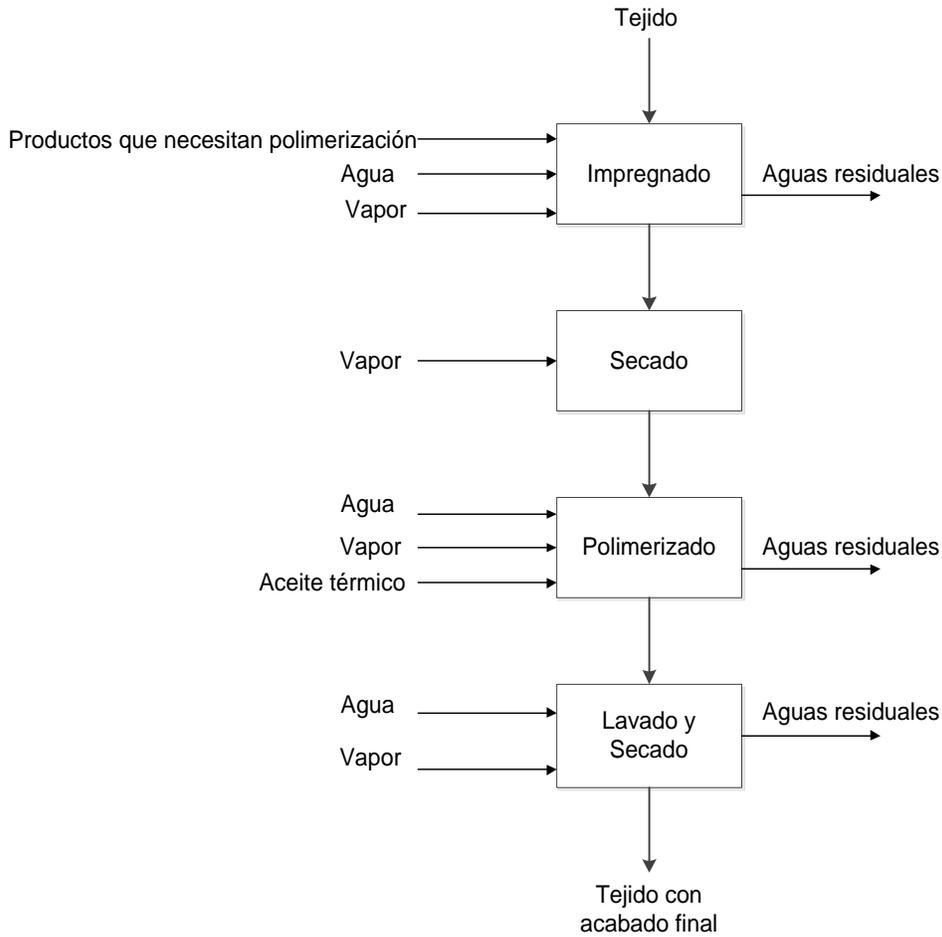


Figura 2.5: Diagrama de Bloques para aplicación de resinas, hidrofobias etc., (productos que necesitan polimerización).

2.1.5 Balance de materiales y energía en la Planta de Acabado.

A continuación se realizaron las tablas de consumos de los diferentes equipos de la Planta de Acabado de la UEB “Desembarco del Granma”, con el objetivo de contabilizar las entradas en los cuatro procesos fundamentales existentes en la misma, y algunas salidas, las cuales fueron estimadas y supuestas tomando como base el criterio de especialistas. Se utilizó la Versión 9.0.0.35 del SimaPro para el ACV correspondiente al tejido en la Planta de Acabado. Los valores fueron convertidos de sus unidades de flujo a valores en función de un m² de tela como unidad funcional para la ejecución del programa.

Tabla 2.1: Consumos de la naturaleza y la tecnosfera en el proceso de blanqueo de la Planta de Acabado.

Blanqueo	Consumo de Agua (m³/m²)	Consumo de Vapor (kg/m²)	Electricidad (kWh/m²)	LPG (m³/m²)	Aceite Térmico (kg/m²)	Aire (kg/m²)
SZW	0,0008	0,0134	0,0002	-	-	-
DSW	0,0204	0,4821	0,0011	0,000002	-	0,00101
MEW	0,0579	0,9630	0,0026	-	-	0,00168
HSW	0,0003	-	0,0018	-	0,0126	0,00007
Total	0,0794	1,4585	0,0056	0,000002	0,0126	0,00276

Tabla 2.2: Consumos de productos químicos en el proceso de blanqueo de la Planta de Acabado.

Hidróxido de Sodio 50% (kg/m²)	Ácido acético (kg/m²)	Peróxido de hidrógeno 50% (kg/m²)
0,008256	0,000569	0,001581

Tabla 2.3: Consumos de la naturaleza y la tecnosfera en el proceso de teñido de la Planta de Acabado.

Teñido	Consumo de Agua (m³/m²)	Consumo de Vapor (kg/m²)	Electricidad (kWh/m²)	LPG (m³/m²)	Aceite Térmico (kg/m²)	Aire (kg/m²)
HFW	0,0014	0,2943	0,0016	0,000011	-	0,000093
THW	-	-	0,0004	-	0,00843	0,000062
HFS	0,0014	0,2500	0,0015	0,000007	-	0,000093
THS	0,0006	-	0,0004	-	0,00675	0,000062
WDM	0,0070	0,7917	0,0090	-	-	0,000595
PST	0,0066	0,4861	0,0004	-	-	0,000578
JIGER	0,0031	0,3125	0,0008	-	-	0,000744
Total	0,0201	2,1345	0,0142	0,000018	0,01518	0,002227

A continuación se muestran los productos químicos empleados para preparar la receta de colorantes 2-804-3, donde se tomó como base la referencia 23, preparación de 1000L cada 6500m lineales de tela de PE/CO, y de esta forma realizar la conversión de g/L brindados por la receta en función de los m² de tela.

Tabla 2.4: Consumos de productos químicos en el proceso de teñido de la Planta de Acabado.

Carbonato de Sodio (g/m²)	Detergente aniónico (g/m²)	Diciandiamida (g/m²)	Antimigrante (g/m²)
0,96154	0,096154	1,92307	0,48077

Tabla 2.5: Consumos de colorantes para la receta 2-804-3 en el proceso de teñido de la Planta de Acabado.

Colorantes Dispersos (g/m²)	Colorantes Reactivos (g/m²)
Bemacrón Rubí RS	Synocrón Gold yellow P2R
Synolon Yellow SE-4G	Synocrón Navy Blue P-2R
Trisetile Navy blue B 280	Synocrón Red PBN
Total	0,2449

Tabla 2.6: Consumos de la naturaleza y la tecnosfera en el proceso de estampado de la Planta de Acabado.

Estampado	Consumo de Agua (m³/m²)	Consumo de Vapor (kg/m²)	Electricidad (kWh/m²)	Aceite Térmico (kg/m²)	Aire (kg/m²)
RSP	0,00278	0,500	0,00324	-	0,00275
LST	0,00024	0,694	0,00161	0,00985	0,00744
Total	0,00328	1,194	0,00485	0,00985	0,01019

Tabla 2.7: Consumos de productos para la pasta de estampar (REF: 13, 2280m de tela).

Pasta para estampar	Cantidad (kg/m²)	m³/m²
Espesante	0,00493	-

Etilen Glicol	0,01371	-
Agua	0,26316	0,000263
Antiespumante	0,00027	-
Suavizante	0,00548	-

Tabla 2.8: Consumos de colorantes para el estampado (REF: 13, 2280m de tela).

Colores	Cantidad (g/m ²)
Verde Oscuro Olivo BT-10	0,00813
Turquesa GT-8	0,00938
Rosa Violeta FB-10	0,00813
Turquesa Claro GT-3	0,01875
Rosa Claro FB-4	0,00625
Verde Claro Olivo BT-3	0,01563
Total	0,06627

Tabla 2.9: Consumos de la naturaleza y la tecnosfera en el proceso de acabado final de tejidos de la Planta de Acabado.

Acabado	Consumo de Agua (m ³ /m ²)	Consumo de Vapor (kg/m ²)	Electricidad (kWh/m ²)	Aceite Térmico (kg/m ²)	Aire (kg/m ²)
RFW1	0,00109	0,5208	0,0049	-	0,00037
RFW2BK	0,00078	0,0391	0,0014	0,00955	0,00006
RFW3A	0,00218	0,0833	0,0005	-	0,00037
RFW3B	0,00057	0,5208	0,0043	-	0,00034
RFS1	0,00088	0,1979	0,0036	-	0,00030
Total	0,00550	1,3620	0,0148	0,00955	0,00144

Tabla 2.10: Consumos de productos químicos para el acabado inarrugable de tejidos de la Planta de Acabado.

SIL ACABADO NF (kg/m ²)	Cloruro de Magnesio (kg/m ²)	Ácido acético (kg/m ²)
0,004038	0,001213	0,000069

Tabla 2.11: Consumos totales de la naturaleza y la tecnosfera en la Planta de Acabado.

Proceso	Consumo de Agua (m³/m²)	Fuel Oil (kg/m²)	Electricidad (kWh/m²)	LPG (m³/m²)	Aceite Térmico (kg/m²)	Aire (kg/m²)
Blanqueo	0,0794	0,05834	0,0056	0,000002	0,0126	0,0028
Teñido	0,0201	0,08538	0,0142	-	0,0152	0,0022
Estampado	0,0033	0,04778	0,0049	0,000018	0,0099	0,0102
Acabado	0,0055	0,05448	0,0148	-	0,0096	0,0014
Total	0,1083	0,24598	0,0395	0,00002	0,0472	0,0166

Tabla 2.12: Emisiones al aire en la Planta de Acabado.

Emisiones al aire	Cantidad (mg/m²)
Ácido acético	0,00003
Cloruros	2,613E-06

Tabla 2.13: Emisiones al agua residual de la Planta de Acabado.

Emisiones al agua residual	Cantidad (g/m²)
Compuestos Organohalogenados (Muñoz, 2012)	0,03835
Ácido acético	0,01913
Peróxido de hidrógeno	0,04744
Colorantes (Compuestos de nitrógeno) (Jiménez, 2009)	0,03111
Carbonato de Sodio	0,00481
Detergentes (Fosfatos) (Martínez, 2010)	0,26016
Cobre (Martínez, 2010)	0,00352
Cromo (Martínez, 2010)	0,00117

Etilen Glicol	0,13706
Compuestos orgánicos desconocidos (COD)	
Espesante	0,02467
Antiespumante	0,00137
Suavizante	0,02741
Diciandiamida	0,00962
Total de COD	0,06307

2.2 Aplicación del SimaPro Versión 9.0.0.35 para la Planta de Acabado en la UEB “Desembarco del Granma”.

Se tomaron como límites del sistema las entradas y salidas de la Planta de Acabado para el ACV mediante el SimaPro Versión 9.0.0.35 adaptados a la unidad funcional de un m² de tela, se empleó la metodología ReCiPe Endpoint (H) para la evaluación del impacto ambiental. La metodología ReCiPe endpoint agrupa las subcategorías seleccionadas como indicadores para los efectos finales o agregados, esta herramienta entrega los resultados en las unidades equivalentes de medida de cada subcategoría de impacto, así como puntos ponderados por categoría, lo que permiten la comparación entre las misma. En la figura 2.6 se muestra la función total de dicha Planta.

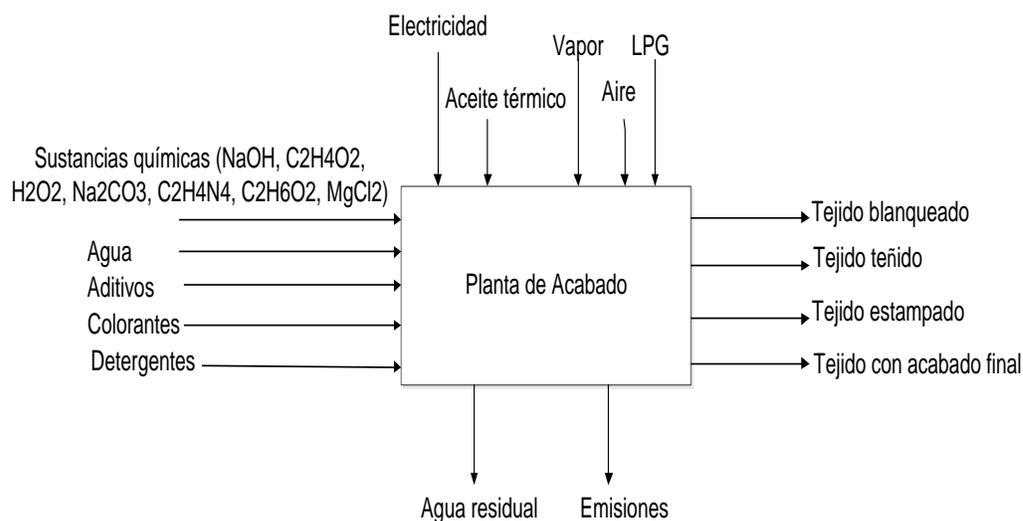
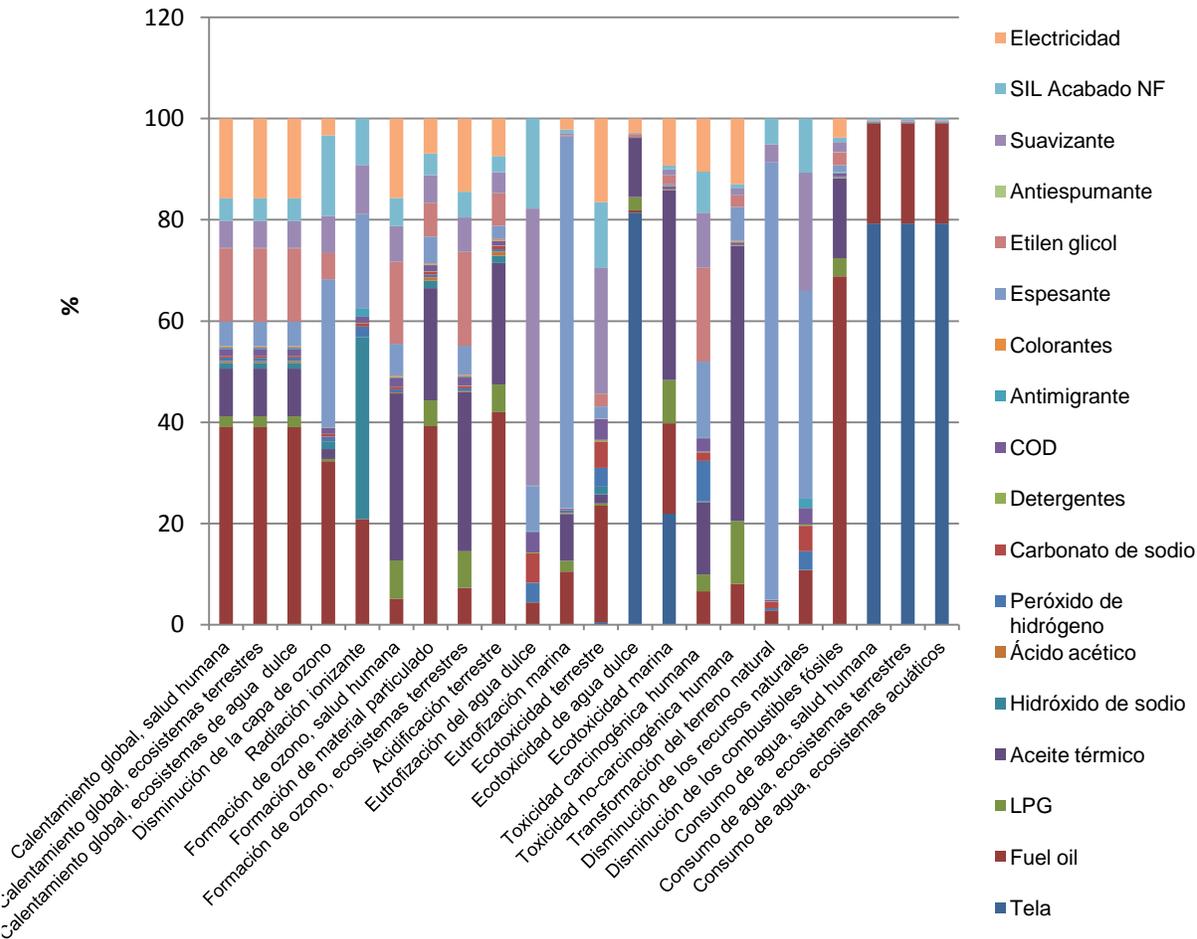


Figura 2.6: Función Total de la Planta de Acabado.

A continuación se muestra la figura 2.7, la que representa el perfil ambiental de los procesos ejecutados en la Planta de acabado sobre las categorías de daño evaluadas.



Analizando 1 m2 'Tela'; Método: ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.03 / World (2010) H/A / Caracterización.

Figura 2.7: Perfil ambiental del tejido poliéster-algodón en la Planta de Acabado.

La figura 2.7 ilustra la contribución de cada uno de los factores que intervienen en la producción de un m² de tela a cada una de las categorías de impacto evaluadas por el ReCiPe Endpoint (H), donde sobresalen con por ciento de mayor afectación, el consumo de combustible fósil cubano, que influye en las categorías de: calentamiento global con

repercusión en la salud humana, los ecosistemas terrestres y ecosistemas de agua dulce, además, con influencia significativa en formación de material particulado, agotamiento de combustibles fósiles y acidificación terrestre. Otro de los combustibles empleados y que posee gran relevancia en cuanto a impactos medioambientales es el aceite térmico, el cual afecta directamente a la salud humana y los ecosistemas terrestres mediante la formación de ozono, la ecotoxicidad marina y toxicidad no-carcinogénicas humana.

Dentro de las sustancias químicas empleadas en la Planta de Acabado, el hidróxido de sodio es la que se utiliza en mayores cantidades y su impacto está dado fundamentalmente a la radiación ionizante. El espesante empleado en las pastas para estampar, formado fundamentalmente por acrilatos de etilo, tiene una fuerte influencia en las categorías de transformación del terreno natural, eutrofización marina y disminución de los recursos naturales. El etilen glicol usado para el proceso de estampado, posee repercusión en los tres aspectos que considera el calentamiento global, y además en la toxicidad carcinogénica humana, el suavizante empleado también en dicho proceso formado fundamentalmente por acetatos de etilo y bencilo contribuye a la eutrofización de agua dulce. Debe hacerse un uso racional de estas sustancias químicas mediante el empleo de formulaciones que garanticen la calidad del tejido con adecuada proporción de los constituyentes de la mezcla.

En la representación se observa que la tela posee gran repercusión en las categorías de consumo de agua para la salud humana, ecosistemas terrestres y ecosistemas acuáticos, y además en la ecotoxicidad del agua dulce, dado por todas las emisiones de sustancias químicas y aditivos al agua residual que después de su correspondiente tratamiento en la planta de tratamiento de residuales son vertidas.

A continuación se muestra la figura 2.8, la que expresa la incidencia de los procesos ejecutados en la Planta de acabado sobre las categorías de daño evaluadas.

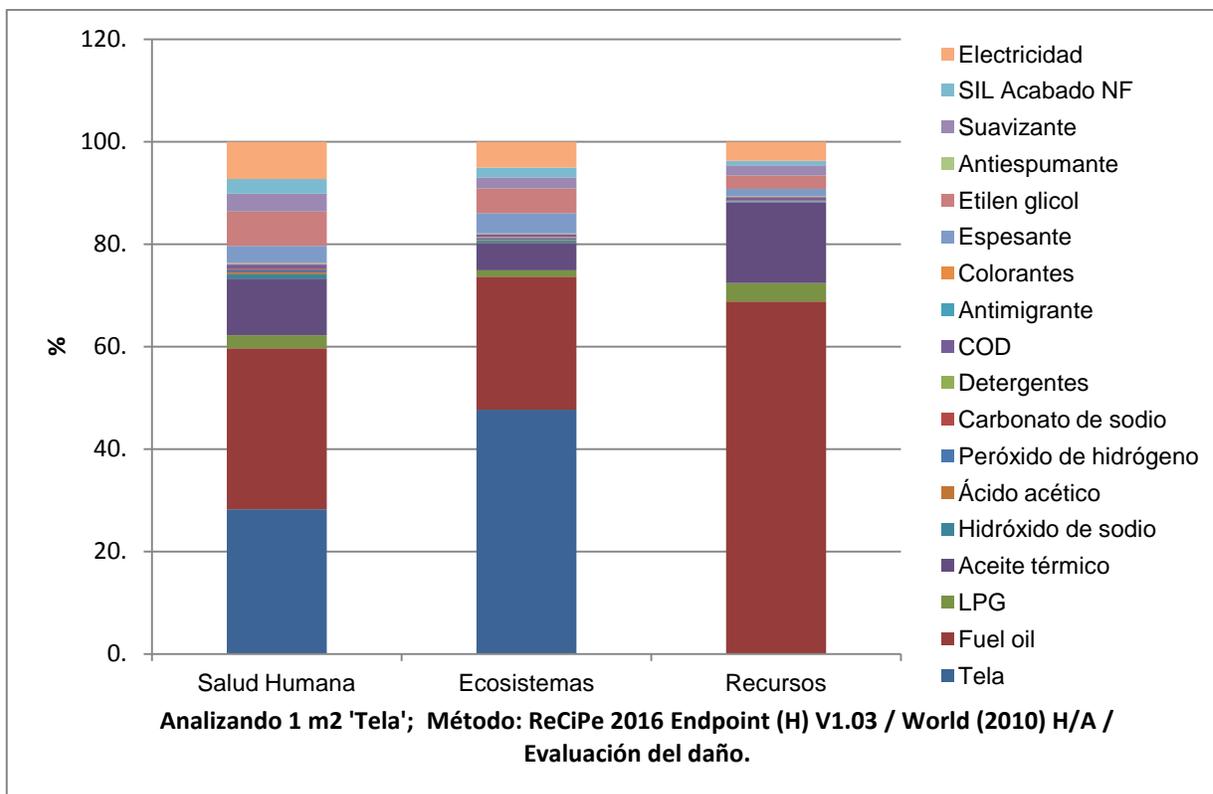


Figura 2.8: Categorías de daño del tejido poliéster-algodón en la Planta de Acabado.

En la figura 2.8 aparece representado cómo contribuyen cada uno de los factores que intervienen en los diferentes procesos a los cuales es sometida la tela en la Planta de Acabado, a la salud humana, el ecosistema y los recursos.

La mayor afectación la reciben los recursos, con la contribución importante que tiene el empleo de combustible no renovable. El impacto negativo más notable sobre la salud humana y los ecosistemas lo tienen las emisiones en la Planta para la fabricación de la tela blanqueada, teñida, estampada y con el acabado final correspondiente y el uso del fuel oil.

A continuación se muestra la figura 2.9, la que representa el perfil ambiental ponderado de los procesos ejecutados en la Planta de acabado.

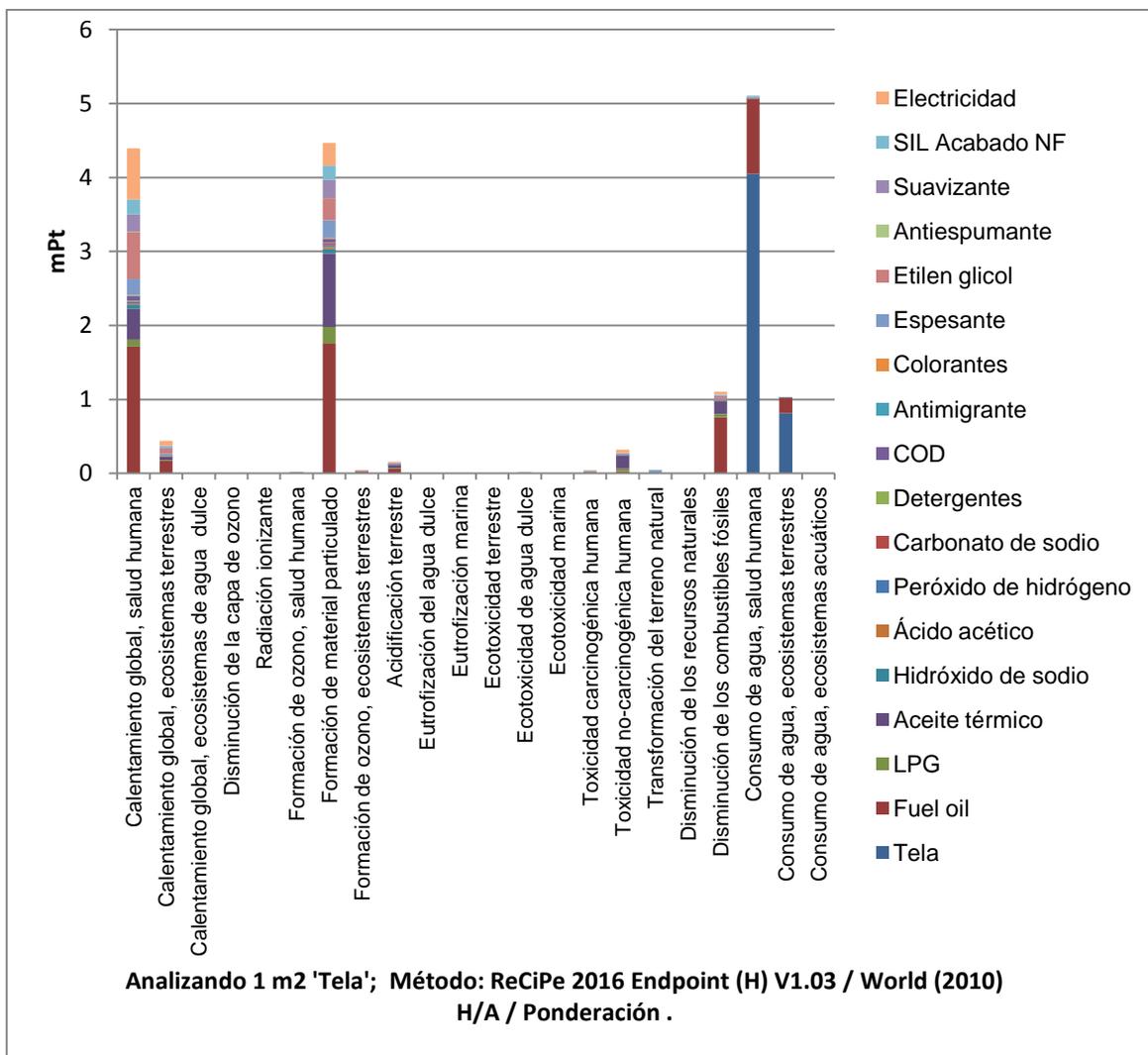


Figura 2.9: Perfil ambiental ponderado del tejido poliéster-algodón en la Planta de Acabado.

En la figura 2.9 se muestra el efecto ponderado de los diferentes factores que inciden en las categorías de impacto consideradas. En el eje de las ordenadas se expresan los milipuntos (mPt) referidos a la carga ambiental anual de un ciudadano europeo. Se ratifica que las emisiones en los diferentes procesos de fabricación de la tela y el combustible fuel oil utilizado son los que provocan daños en el cambio climático y la salud humana, la formación de material particulado, disminución de los combustibles fósiles y consumo de agua, esta última categoría es la que alcanza un mayor valor, lo cual se corresponde con lo planteado por (Kahaled, 2009, Coll, 1980, Prasetyo, 1992).

Los consumos de electricidad se encuentran dentro del plan establecido para esta industria y con la tecnología instalada no resulta posible su disminución.

A continuación se muestra la figura 2.10, la que representa las categorías de daño por puntuación única de los procesos ejecutados en la Planta de acabado.

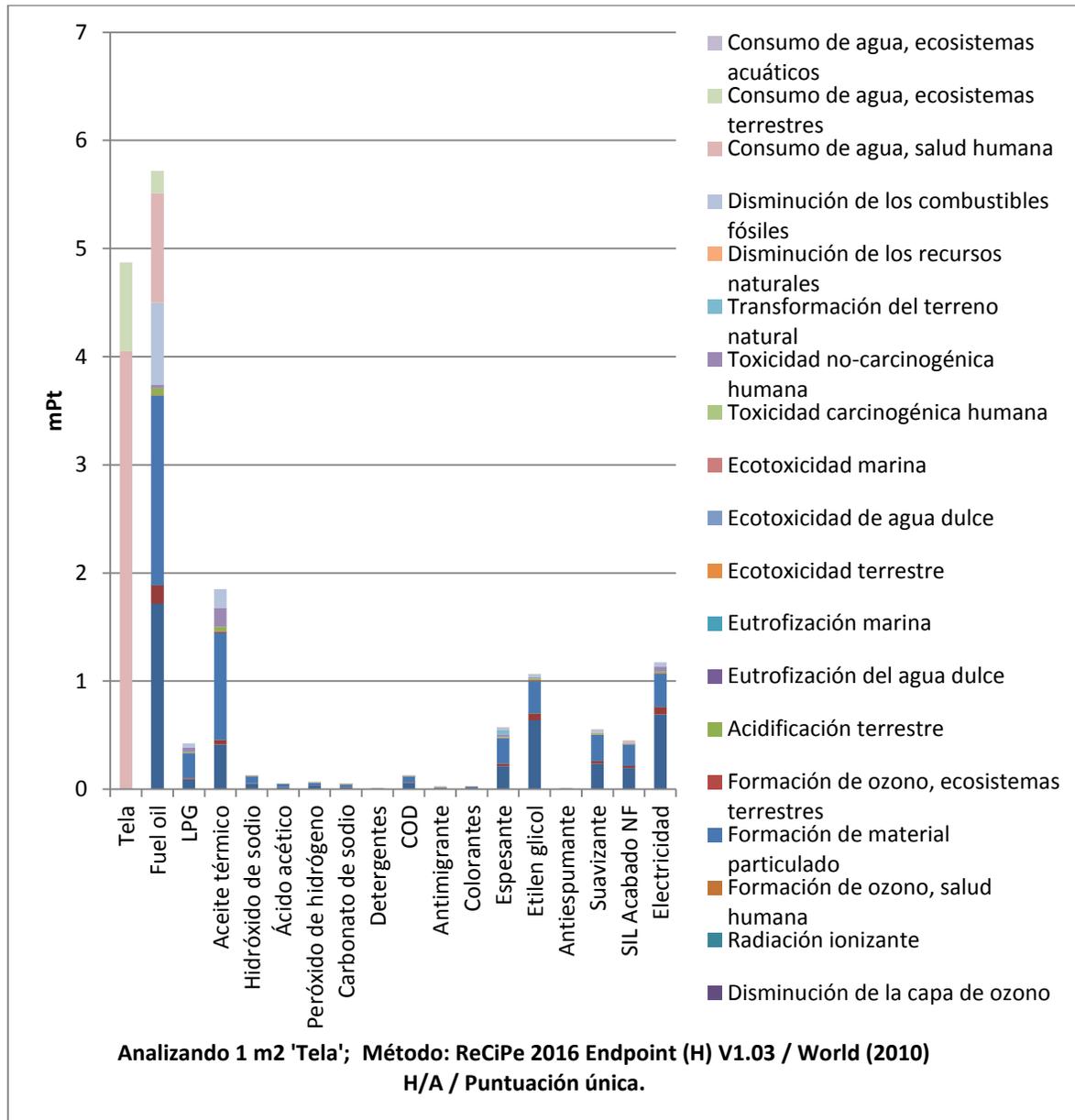


Figura 2.10: Categorías de daño del tejido poliéster-algodón por puntuación única.

En la figura 2.10 se muestra el efecto que ejerce la producción de la tela sobre la salud humana y los ecosistemas terrestres, con una carga de 4 mPt para la primera categoría y

0,9 mPt en la segunda. Además, el fuel oil y el aceite térmico poseen un carácter marcado sobre el calentamiento global y formación de material particulado; se refleja la influencia de ciertas sustancias químicas como el etilen glicol, espesante y suavizante sobre estas mismas categorías ambientales. El consumo eléctrico aporta cierta influencia negativa también sobre el calentamiento global.

2.3 Determinación de la Huella de Agua para la Planta de Acabado en la UEB

“Desembarco del Granma”.

El cálculo de la huella de agua sigue las fases de la metodología de análisis de ciclo de vida de las normas ISO 14040: 2006 e ISO 14044: 2006, por lo cual son un elemento recomendado, sobre todo cuando se trata del consumo de agua en las industrias textiles.

La evaluación del impacto potencial en la escasez de agua ofrece información adicional con respecto al uso del agua debido a que, integra un factor relacionado a la disponibilidad del recurso de acuerdo con la localización geográfica de las actividades industriales. Para la evaluación del impacto potencial en la escasez de agua dulce se empleó el método AWARE (Available WAter REmaining). Este método de evaluación es recomendado a través de un consenso por el grupo de trabajo WULCA (Water Use in Life Cycle Assessment), integrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) y la Iniciativa de Ciclo de Vida de la Sociedad de Química y Toxicología Ambiental (SETAC, por sus siglas en inglés). (WULCA, 2015) Además, para el desarrollo de esta huella no se tuvieron en cuenta los elementos de transportación.

A continuación se muestra la tabla 2.14, donde se refiere a la huella de agua y dióxido de carbono equivalente para fabricar un m² de tela.

Tabla 2.14: Determinación de la huella de agua y de dióxido de carbono equivalente por el método AWARE.

Categoría	Agua (m³/m²)	CO2 eq (kg/m²)	País	Factor AWARE	Huella por producto consumido
Tela	0,108300	0	China	388,40	42,063
Fuel oil	0,027068	0,109683	Cuba	6,54	0,177
LPG	0	0,006067	Cuba	6,54	0

Aceite térmico	0	0,026419	España	706,45	0
Hidróxido de sodio	0,000016	0,003253	Cuba	6,54	1,0E-04
Ácido acético	1,85E-07	0,000985	China	388,40	7,2E-05
Peróxido de hidrógeno	0,000122	0,001939	China	388,40	0,047
Carbonato de sodio	0,000048	0,000941	China	388,40	0,019
Detergentes	0,000003	0,000072	España	706,45	0,002
COD	0,000076	0,003777	Suiza	1,56	1,2E-04
Antimigrante	0,000004	0,000815	Chile	759,74	0,003
Colorantes	1,96E-07	0,000648	España	706,45	1,4E-04
Espesante	0,000187	0,013725	Suiza	1,56	2,9E-04
Etilen glicol	0,000118	0,040694	China	388,40	0,046
Antiespumante	7,03E-09	0,000198	Suiza	1,56	1,1E-08
Suavizante	0,000246	0,015025	España	706,45	0,174
SIL Acabado NF	0,000486	0,012616	Chile	759,74	0,369
Electricidad	0	0,044241	Cuba	6,54	0
Total		0,2811			42,901

2.3.1 Análisis de los resultados obtenidos.

La industria textil, como ya se ha mencionado anteriormente es de los sistemas empresariales que mayores volúmenes de agua consume a nivel mundial, y su desmedido uso es el gran impacto de este sector, acompañado de las grandes generaciones de contaminantes.

A continuación se ofrecen algunos datos de huellas de agua en productos alimenticios y algunos textiles según (Cortés and Pérez, 2007): para producir 100g de chocolate son necesarios 2,4 m³ de agua, para 1lb de azúcar blanca, 0,75 m³, una hamburguesa, 2,4 m³, un kg de pasta, 1,93 m³ de agua, para un kg de carne de res son necesarios 15,5 m³, un kg de arroz, 1,2 m³, para un kg de café tostado se necesitan 21 m³ de agua.

Para el blanqueo de la tela se requieren aproximadamente 30 m³ de agua por tonelada de algodón y para el teñido de la tela 140 m³ por tonelada. Así, una playera de algodón, con un peso aproximado de 250 gramos tiene una huella de agua de 2,7 m³, además, para confeccionar un par de pantalones de mezclilla con un peso de 1 kilogramo, la huella de agua es de 11 m³. Después de los datos antes expuestos es evidente que para la producción tanto de productos alimenticios como para textiles, el consumo de agua es un

impacto que necesita ser evaluado, y por tanto desarrollar programas de sostenibilidad que contemplen la gestión responsable del agua. Además, desarrollar estrategias concretas fundamentalmente en el sector textil, como por ejemplo la sustitución de tejidos de algodón por fibras sintéticas, por ser este el responsable del 3% de los cultivos a nivel global y para producir un kg de algodón son necesarios 5 m³ de agua solo en el área de cultivo. Además, emplear cambios en el sistema de irrigación a nivel mundial permitiría el ahorro de grandes cantidades de agua por hectárea, la cual serviría para mitigar problemáticas ambientales y sociales en países donde se tienen grandes extensiones de cultivo, como por ejemplo China, de la cual procede el tejido a procesar en la Planta de acabado de la UEB “Desembarco del Granma”.

Según algunos autores como (Chapagain et al., 2006) el volumen medio de consumo de agua en los procesos de blanqueo, teñido, estampado y acabado se sitúa alrededor de los 0,5 m³ de agua por kg de tejido, y un kg de tejido de poliéster-algodón representa 3,70 m² de tela, por lo tanto se emplearían aproximadamente 0,135 m³/m² de tejido para la ejecución de todos los procesos de una Planta de acabado en una industria textil, con una huella de agua total de 53,6 m³/m². Mientras que en la UEB “Desembarco del Granma” se emplean 0,1083 m³/m² de tejido, con una huella de agua según la tabla 2,14 de 42,9 m³/m², de la cual la mayor parte provienen de la producción del cultivo del algodón y la propia producción en la UEB “Desembarco del Granma”. Ambos valores de huella son similares, demostrando la necesidad de buscar nuevas alternativas para la disminución de estos índices, debido a que el agua es un recurso que aunque abundante, es agotable y valiosísimo para las diferentes formas de vida.

En la tabla 2.14, se muestra el resultado de la huella de carbono equivalente de la UEB “Desembarco del Granma”, con un valor de 0,28 kg de CO₂eq por cada m² de producción. Según (Salas and Condorhuaman, 2009) la generación de gases de efecto invernadero (GEI) por emisiones directas en una industria textil asciende a 3,62 kg de CO₂eq por cada kg de tela, lo cual equivale a 0,97 kg de CO₂eq por cada m² de tejido. El mayor impacto de CO₂eq proviene del consumo de los combustibles fósiles para un 58% según (Salas and Condorhuaman, 2009) y en la Planta de acabado viene dado por un 40%. El fuel oil es el combustible que tiene un mayor impacto en el cambio climático.

2.4 Medidas propuestas para el mejoramiento de los impactos medioambientales en la Planta de Acabado.

Las emisiones de gases efecto invernadero se generan en este sector principalmente por los procesos de combustión, la descomposición de residuos y vertimientos (Benavides, 2015). La tendencia mundial es reducir el contenido de azufre en el petróleo combustible a valores cercanos al 1% en masa. Los países miembros de la Unión Europea han adoptado este límite a partir del año 2003. Cabe destacar, que a nivel internacional, se busca reducir el contenido de azufre en los combustibles, es por ello que las legislaciones internacionales al respecto indican niveles entre 0,3 y 4% de azufre, siendo Estados Unidos y Suecia los países más restrictivos; los países más permisivos son Francia, Portugal, España, Bélgica e Italia.

En términos generales las medidas aplicables para reducir las emisiones atmosféricas van desde el cambio de combustible y mejoras en la combustión hasta la instalación de algún equipo de control de emisiones. El cambio de combustible es una opción válida siempre y cuando se cuente con la viabilidad técnico-económica para pasar de combustibles con alto contenido de azufre y cenizas, como el carbón a uno más limpio, como por ejemplo gas natural.(Gallissà, 2012)

Las actividades de fabricación de textiles pueden incluir el uso de sustancias químicas durante el pretratamiento, la tintura y otros procesos destinados a obtener el producto final con las propiedades visuales y funcionales deseadas. Las recomendaciones para evitar o, en caso de ser inevitable, minimizar el uso de materiales peligrosos incluyen: (Oeko-Tex, 2006)

- Sustituir los agentes surfactantes potencialmente peligrosos por compuestos biodegradables / bioeliminables que no generen metabolitos potencialmente tóxicos.
- Evitar el uso de agentes surfactantes y complejantes no biodegradables y bioeliminables en los procesos de pretratamiento y tintura (por ejemplo, mediante la selección de compuestos menos peligrosos o modificaciones de proceso que permitan eliminar el hierro y cationes alcalinos).
- Evitar el uso de ignífugos no permanentes y reticulantes con altos niveles de formaldehído.
- Sustituir las sustancias químicas tóxicas y persistentes, orgánicas e inorgánicas, de conservación de textiles (por ejemplo compuestos bromurados y clorados, dieldrina, arsénico y mercurio) empleadas en el tratamiento antipolilla, el entramado de fondos para alfombras y otros procesos de acabado por agentes biodegradables.

El consumo de recursos naturales sigue igualmente una dinámica de crecimiento exponencial produciendo una huella ecológica que sobrepasa la capacidad de carga de la mayoría de los ecosistemas, sobre todo en lo que respecta al agua. El consumo masivo y continuado de estos recursos tiene efectos bien conocidos: acumulación de residuos, contaminación atmosférica, cambio climático, agotamiento de los acuíferos, pérdida de biodiversidad. Por tanto se hace necesario la toma de medidas para disminuir este recurso en las industrias textiles, una de las opciones más recomendadas por diferentes autores es la sustitución del algodón por otro tipo de fibras que requieran de menos riego y en la propia industria necesiten de menos agua para procesos. (Gallissà, 2012)

Asimismo el 20 % de la contaminación industrial de las aguas dulces proviene del tratamiento y tintura de productos textiles. El mayor impacto recae en el agua, debido a que los procesos de teñido utilizan grandes volúmenes de agua y elevadas cantidades de colorantes y productos químicos. Por esto a nivel mundial se han empezado a practicar nuevas técnicas para la remoción de colorantes y sustancias químicas peligrosas, como por ejemplo la degradación de colorantes por tratamientos con rayos ultravioletas, en presencia de peróxido de hidrógeno, oxidación de hidrocarburos, fenoles y aromáticos por medio de ozono, degradación de los colorantes por tratamiento electroquímico, entre otros. Además, tratamientos biológicos muy efectivos y amigables con el medio ambiente como sistemas aerobios y anaerobios, con hongos y bacterias para la decoloración y mineralización de los colorantes. (Cid, 2011)

Otra estrategia de control ambiental que se puede emplear es la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles, con estos últimos se logra una mayor sostenibilidad, por ser recursos renovables.

El gran reto de la industria textil y de la confección consiste en hacer más con menos, alargar la vida útil de los productos textiles y cuando finalice, reintroducirlos en la cadena textil asumiendo la lógica de la economía circular. Diseñar productos textiles durables y fácilmente reparables, es la mejor forma para contribuir la disminución de la creciente demanda de materias primas para la obtención de nuevos productos. Se hace necesario por tanto realizar un cambio en la manera como las comunidades perciben el uso de los recursos y también el cambio de actitudes para generar una mejor relación hombre, naturaleza y sociedad. (Gallissà, 2012)

Conclusiones parciales:

Se cuantificaron, a través de la realización de balances de masa, los principales consumos de las sustancias que intervienen en los diferentes procesos de la Planta de acabado de la UEB “Desembarco del Granma”, donde el agua necesaria es de 0,1083 m³/m² de tela.

Se estimaron las emisiones y volúmenes de agua residual generados por los procesos, y se corroboró el deterioro de la calidad del agua por la presencia de altas cargas contaminantes de sustancias químicas.

Mediante la aplicación del programa SimaPro Versión 9.0.0.35, se determinaron los principales impactos ambientales donde resalta la influencia de los procesos sobre la salud humana como categoría de daño.

Los consumos de los recursos agua y fuel oil se ven afectados por los procesos de elaboración de los tejidos blanqueados, teñidos, estampados y acabados.

La huella de agua calculada es de 42,9 m³/m² de tela procesada y la huella de CO₂eq es de 0,28 kg/m² de tejido.

Debido a la gran cantidad de agua residual generada se requiere dar un tratamiento efectivo a la misma con vista a su empleo para otros usos.

Capítulo 3

Capítulo 3. Evaluación de la factibilidad de la aplicación del CENTERFOOD XL en el sistema de tratamiento de residuales líquidos de la UEB "Desembarco del Granma".

3.1 Desarrollo experimental.

Producto de la falta de la materia prima fundamental, tejido crudo, para llevar a cabo los procesos de blanqueo, teñido, estampado y acabado, existen producciones menores que las que permite la capacidad de la Planta de acabado, por lo que en la Planta de residuales de la UEB "Desembarco del Granma" hay irregularidades en los flujos de residuales líquidos y esto a su vez sumado a la carencia de nutrientes bilógicos trae consigo el deterioro del lodo activado, y por tanto el incorrecto funcionamiento del proceso de depuración bilógica. Por lo anterior expuesto, se hace necesario la implementación y aplicación de una sustancia que comience a nutrir y restablecer dichos microorganismos.

El CENTERFOOD XL, es una mezcla equilibrada a base de carbono, nitrógeno y fósforo orgánico e inorgánico de alta eficacia y fácilmente asimilable C, N (5.5-7.5%) P (2-3%), por lo que garantiza el justo aporte de nutrientes para un óptimo metabolismo bacteriano. El CENTERFOOD XL es indispensable en el caso de paro de la instalación de depuración de aguas residuales, disminución del caudal de entrada de las aguas a depurar, o bien en el caso de cierre de la actividad productiva. (COLORCENTER, 2016a)

Para el desarrollo experimental se tomó una primera muestra de agua residual correspondiente al día 29 de abril, donde se encontraban trabajando el taller de hilo teñido, los procesos de blanqueo y estampado y los aportes de aguas albañales. Se desarrolló, además, otro experimento con los aportes de hilo teñido y aguas albañales, los cuales comenzaron el 7 de mayo, para así observar el comportamiento del agua residual con el CENTERFOOD XL cuando hay presencia de algunos aportes de carga orgánica provenientes de la propia fábrica.

Los experimentos desarrollados fueron a partir de la técnica de determinación de sólidos suspendidos volátiles (SSV), a partir de los sólidos suspendidos totales (SST) menos los sólidos suspendidos fijos (SSF). Los SSV representan la materia orgánica que se volatiliza, es decir los microorganismos presentes en el licor mezclado. Para ello se prepararon dos experimentos, uno de agua residual sin aditivo y otro con depurador, cada uno con su original y réplica.

A continuación se muestran los pasos empleados para el desarrollo experimental.

1. Se lavan las cápsulas con detergente y abundante agua, luego se ponen a secar en estufa por 1 hora a 105^oC y posteriormente en mufla a 550^oC por espacio de 1 hora. Se dejan enfriar y se llevan a peso constante.
2. Una vez finalizado el tiempo de secado, las cápsulas se colocan en la desecadora hasta que se vayan a usar.
3. Se taran las cápsulas en la balanza analítica.
4. Se mide el volumen adecuado de muestra, el que debe estar entre 25 a 50 mL.
5. Se llevan las muestras a la estufa y se secan a 105 ^oC por una hora.
6. Se enfrían en una desecadora y se pesan en la balanza analítica.
7. Se repite la operación hasta peso constante.
8. Una vez pesada la cápsula de porcelana con el residuo seco de la muestra, se coloca en la mufla durante 15 minutos entre 550± 50^oC para calcinar la materia.
9. Se enfría la cápsula, en la desecadora, hasta temperatura ambiente.
10. Se pesan en la balanza analítica, hasta peso constante.

Cálculos:

Sólidos suspendidos totales (SST):

$$SST = A - B \quad \text{Ec.(3.1)}$$

Dónde: A: peso de la cápsula con la muestra seca (g)

B: peso cápsula vacía (g)

Sólidos suspendidos fijos (SSF):

$$SSF = C - B \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Dónde: C: peso de la cápsula con la muestra incinerada (g)

B: peso cápsula vacía (g)

Sólidos suspendidos volátiles (SSV):

$$SSV = SST - SSF \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Para las muestras con CENTERFOOD XL:

$$SSV \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(O+R)*10E6}{2*50(mL)} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

O: Original

R: Réplica

Para las muestras sin CENTERFOOD XL:

$$SSV \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(O+R)*10E6}{2*25(mL)} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

A continuación se muestra la tabla de resultados para la primera situación experimental.

Tabla 3.1: Resultados experimentales obtenidos para el agua residual con aportes de hilo teñido, blanqueo, estampado y aguas albañales.

Fecha	No. Exp	Agua residual con contribución de hilo teñido, blanqueo, estampado y aguas albañales.		Peso de la Cápsula (g)	SST (g)	SSF (g)	SSV (g)
29-abr	1	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9439	1,4866	0,6458	0,8408
			Réplica	82,7632	1,4418	0,4539	0,9879
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0116	0,1450	0,0959	0,0491
			Réplica	105,4045	0,1676	0,1122	0,0554
02-may	2	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9467	1,3217	0,4170	0,9047
			Réplica	82,7759	1,3487	0,5499	0,7988
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0829	0,0679	0,0214	0,0465
			Réplica	105,4929	0,0690	0,0231	0,0459
06-may	3	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9392	1,7948	0,5478	1,2470
			Réplica	82,7564	1,9291	0,6513	1,2778
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0839	0,0673	0,0246	0,0427
			Réplica	105,4925	0,0705	0,0276	0,0429

09-may	4	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9424	1,8518	0,7063	1,1455
			Réplica	-	-	-	-
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0800	0,1747	0,0663	0,0542
			Réplica	105,4863	0,1673	0,0757	0,0458
14-may	5	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9617	1,8345	0,7141	1,1204
			Réplica	82,7685	1,8907	0,7514	1,1393
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0870	0,1626	0,0800	0,0826
			Réplica	105,4976	0,1641	0,0844	0,0797

Para la tabla que muestra los resultados de SSV en mg/L de la primera situación de trabajo, ver anexo 7.

A continuación se muestra la tabla con los resultados de la materia orgánica presente en el agua sin y con depurador biológico (CENTERFOOD XL), así como el tiempo transcurrido.

Tabla 3.3: Resultados obtenidos de SSV (mg/L) con y sin CENTERFOOD XL.

Con CENTERFOOD XL (mg/L)	Sin CENTERFOOD XL (mg/L)	Tiempo
18287	2090	0
17035	1848	2
25248	1712	7
22910	2000	10
22597	3246	15

A continuación se muestra la figura 3.1, que representa el comportamiento de los microorganismos en el tiempo con el aditivo y sin este.

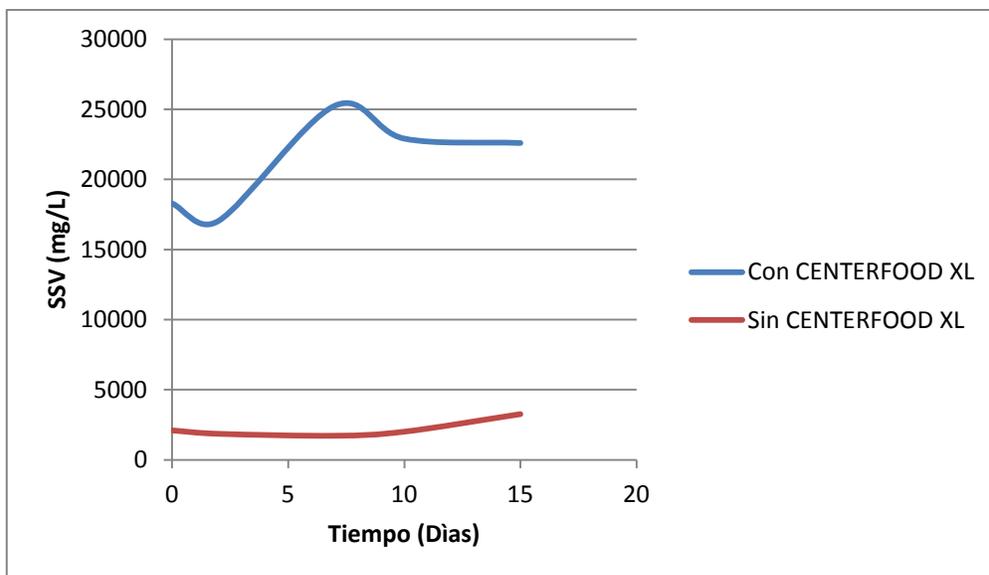


Figura 3.1: Comportamiento de los microorganismos en el tiempo con y sin CENTERFOOD XL, con las contribuciones de hilo teñido, blanqueo, estampado y aguas albañales.

3.1.1 Análisis de los resultados.

En el caso de los experimentos desarrollados para el sistema sin CENTERFOOD XL, el comportamiento puede explicarse teniendo en cuenta que si la concentración de sustrato presente en el sistema es insuficiente para mantener el crecimiento de los microorganismos que constituyen el lodo, los microorganismos se ven obligados a funcionar en régimen de respiración endógena. Durante el proceso de respiración endógena, se metaboliza un material citoplásmico rico en proteínas y ácido ribonucleico (ARN); el residuo está constituido principalmente por cápsulas celulares muy ligeras que se resisten a la sedimentación.

El lodo presente en la UEB “Desembarco del Granma” es un lodo envejecido. Este presenta un aspecto poco compacto por lo que es probable que existan microorganismos filamentosos. Los microorganismos filamentosos no se desarrollan ni crecen en lodos jóvenes; cuando la edad del lodo se incrementa, los microorganismos filamentosos cortos empiezan a desarrollarse dentro de las partículas del floculo. (Coll, 1980)

En el caso de los experimentos sin el aporte nutricional, a medida que transcurre el tiempo, estos van en descenso, lo cual se corresponde con lo anterior expuesto, no tienen medio de alimentación y por tanto se van agotando poco a poco, en los últimos dos

experimentos los análisis no dieron lo esperado, es decir resultados más elevados, esto puede haber sucedido debido a que al disminuir el volumen de agua se logra una mayor oxigenación que favoreció a los microorganismos presentes en la muestra objeto de estudio. Los resultados obtenidos para los sólidos suspendidos volátiles son inferiores al valor mínimo (3000 mg/L) recomendado por (Díaz, 2006) para los sistemas de tratamiento con lodos activados.

En el caso de los experimentos desarrollados con el CENTERFOOD XL, hay una tendencia a mantenerse y luego los microorganismos presentes comienzan a aumentar y posteriormente en el día 10 inicia su disminución, debido a que se consumieron los nutrientes y empieza entonces el proceso de respiración endógena.

En el periodo de tiempo en el cual se desarrollaron los experimentos, en el caso de los alimentados con CENTERFOOD XL, los niveles de sólidos suspendidos volátiles se mantienen por encima del límite inferior recomendado (3000 mg/L) por (Díaz, 2006).

A continuación se muestra la tabla de resultados para la segunda situación experimental.

Tabla 3.4: Resultados experimentales obtenidos para el agua residual con aportes de hilo teñido y aguas albañales.

Fecha	No. Exp	Agua Residual con contribución de Hilo Teñido y Aguas Albañales.		Peso de la Cápsula	SST (g)	SSF (g)	SSV (g)
07-may	1	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9367	1,625	0,4308	1,1942
			Réplica	82,7562	1,7646	0,4999	1,2647
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0844	0,0739	0,0216	0,0523
			Réplica	105,4919	0,0719	0,0221	0,0498
13-may	2	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9674	1,536	0,3454	1,1906
			Réplica	82,7593	1,7721	0,3934	1,3787
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,089	0,076	0,0247	0,0513
			Réplica	105,5053	0,0677	0,0202	0,0475
16-may	3	Agua con	Original	68,9586	1,6959	0,5278	1,1681

		CENTEFOOD XL					
			Réplica	82,7675	1,6977	0,4968	1,2009
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0873	0,0828	0,0321	0,0507
			Réplica	105,4943	0,081	0,0398	0,0412
20-may	4	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9695	1,741	0,6185	1,1225
			Réplica	82,7796	1,8427	0,5891	1,2536
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0773	0,0816	0,0289	0,0527
			Réplica	105,5008	0,0799	0,028	0,0519
23-may	5	Agua con CENTEFOOD XL	Original	68,9738	1,7288	0,6635	1,0653
			Réplica	82,7844	1,9979	0,7088	1,2891
		Agua Residual sin Aditivo	Original	90,0782	0,0845	0,0287	0,0558
			Réplica	105,5016	0,0765	0,0289	0,0476

Para la tabla que muestra los resultados de SSV en mg/L de la segunda situación de trabajo, ver anexo 8.

A continuación se muestra la tabla con los resultados de la materia orgánica presente en el agua sin y con CENTERFOOD XL, así como el tiempo transcurrido.

Tabla 3.6: Resultados obtenidos de SSV (mg/L) con y sin CENTERFOOD XL.

Con CENTERFOOD XL (mg/L)	Sin CENTERFOOD XL (mg/L)	Tiempo
24589	2042	0
25693	1976	6
23690	1838	9
23761	2092	13
23544	2068	16

A continuación se muestra la figura 3.2, que representa el comportamiento de la materia orgánica en el tiempo con el aditivo y sin este.

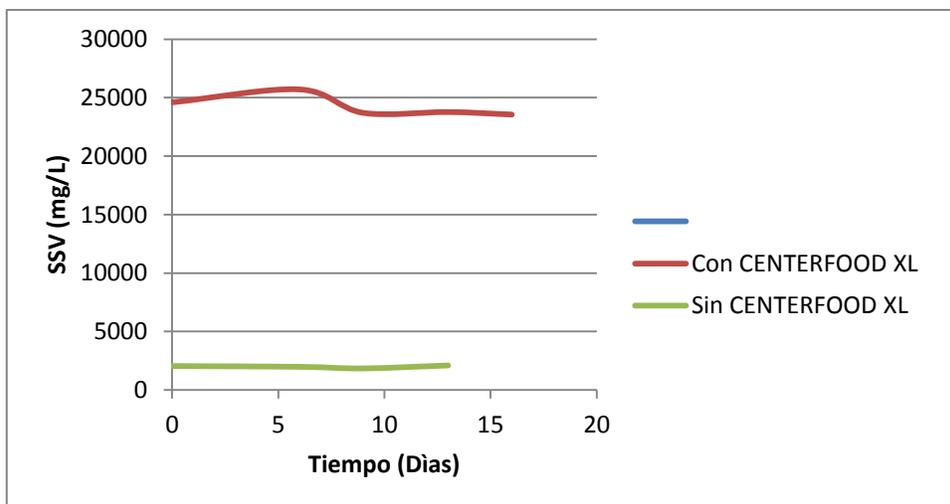


Figura 3.2: Comportamiento de los microorganismos en el tiempo con y sin CENTERFOOD XL., con los aportes de hilo teñido y aguas albañales.

La tendencia en el comportamiento de los microorganismos presentes es similar a la descrita para el caso de las aguas estudiadas con el aporte de hilo teñido, blanqueo, estampado y aguas albañales. En este caso se observa que los resultados de los sólidos suspendidos volátiles comienzan a disminuir en un periodo de tiempo ligeramente inferior al primer caso de estudio, debido a que se parten de condiciones iniciales diferentes (menor cantidad de plantas trabajando).

3.1.2 Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).

Para la determinación de la DQO se realizó la técnica descrita en el anexo 6, según la norma Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.(1995)

Se tomaron las muestras de agua residual para los análisis de DQO, cuando se encontraba trabajando el taller de hilo teñido y el aporte de aguas albañales.

A continuación en la tabla 3.7, se muestra la variación de la DQO, de un agua residual tratada con CENTERFOOD XL, luego de transcurridos 13 días, sin la incorporación de ningún residual adicional.

Tabla 3.7: Resultados de DQO para el agua residual analizada.

Tiempo (días)	Agua residual con CENTERFOOD XL (mg/L)
0	1751,4
13	224,1

Al cabo de trece días, el valor de DQO resulta comparativamente bajo, si se tiene en cuenta que por criterio de diseño, el agua residual a la entrada de la planta de tratamiento (cuando todas las capacidades instaladas están produciendo), puede llegar a tener valores de DQO cercanos a 700 mg/L y la de salida debe ser de 90 mg/L, en este sentido, lo anterior permite predecir que en un tiempo mayor de trece días la concentración de nutrientes no garantiza la supervivencia del lodo, si todas las plantas estuviesen sin trabajar.

En el Anexo 7 se muestran los valores de DQO durante el mes de abril de 2019 en la planta de tratamiento de residuales de la UEB “Desembarco del Granma”, donde es evidente que los valores de salida no se corresponden con la norma establecida.

3.2 Análisis estadístico.

A continuación se desarrolló un modelo estadístico a partir del Statgraphics 15 Portable para determinar la correlación existente entre el crecimiento microbiano y el nutriente biológico. Se empleó un modelo exponencial por lograr este el mayor ajuste en el caso de estudio.

Variable dependiente: SSV

Variable independiente: CENTERFOOD XL

Exponencial: $Y = \exp(a + b \cdot X)$

Coefficiente de Correlación = 0,99121

R-cuadrada = 98,2494 %

R-cuadrado (ajustado) = 98,2021 %

Error estándar = 0,1639

Error absoluto medio = 0,1136

Estadístico Durbin-Watson = 1,09207 (P=0,0015)

La ecuación del modelo ajustado es:

$$SSV = \exp(-6,18629 + 0,0956882 \cdot \text{CENTERFOOD XL}) \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Según el anterior modelo, se corrobora que la variación de los microorganismos con la presencia de CENTERFOOD XL es ascendente, debido a que como nutriente en sí, provoca un aumento elevado de la actividad microbiana y luego un descenso.

Puesto que el valor-P es menor que 0,05, por tanto existe una relación estadísticamente significativa entre SSV y CENTERFOOD XL con un nivel de confianza del 95,0%. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 98,2494% de la variabilidad

en SSV después de transformar a una escala recíproca para linearizar el modelo. El coeficiente de correlación es igual a 0,991209, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

A continuación se muestra la gráfica que describe el comportamiento de los SSV con respecto al CENTERFOOD XL.

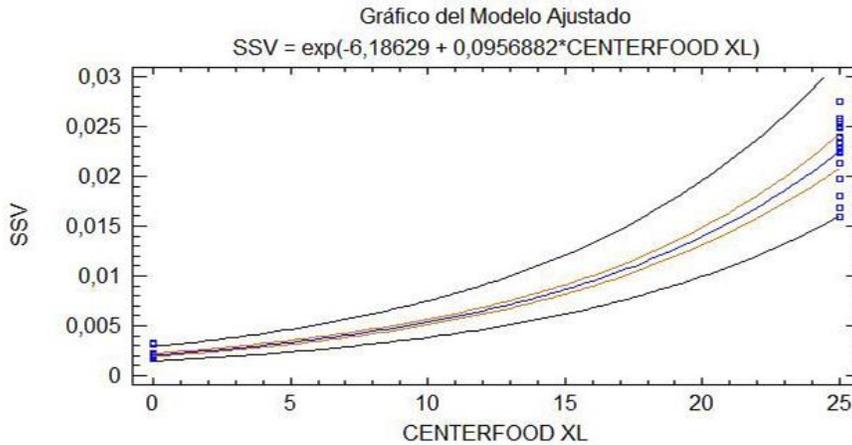


Figura 3.3: Comportamiento de los SSV con relación al CENTERFOOD XL.

3.3 Sistema de flujo para aplicación del CENTERFOOD XL.

El sistema de flujo para la aplicación del nutriente biológico viene dado por un tanque de almacenamiento del producto, que puede encontrarse destapado, una bomba, una válvula y un sistema de tuberías hasta el aereador. La cantidad de agua residual promedio que entra a la planta de tratamiento es de 1200 m³/d y cada un m³ de agua es necesario un Kg de producto, con una densidad correspondiente a 1064 Kg/m³, serán necesarios 1,128 m³/d de CENTERFOOD XL. Por tanto se recomienda un flujo de 0,047 m³/h.

Ecuación de Bernoulli. (Rosabal, 2006)

Punto 1: $Z_1=0$ $P_1=1\text{atm}$ $V_1=0$

Punto 2: $Z_1=4,60$ $P_2=1\text{atm}$ $V_2=0,1064$ m/s

$$H = \Delta z + \left(\frac{\alpha V^2}{2 * g}\right) + \left(\frac{-\Delta P}{\rho * g}\right) + \left(\frac{f * L * V^2}{2 * d * g}\right) + \sum k_i * \frac{V^2}{2 * g} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

$$H = \Delta z + \left(\frac{\alpha V^2}{2 * g}\right) + \left(\frac{-\Delta P}{\rho * g}\right) + \left(\frac{f * L * V^2}{2 * d * g}\right) + \sum k_i * \frac{V^2}{2 * g} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

$$H = \Delta z + \left(\frac{f * L * V^2}{2 * d * g}\right) + \sum k_i * \frac{V^2}{2 * g} \quad \text{Ec. (3.9)}$$

Dónde: H: carga de la bomba (m); ΔZ : diferencia de altura entre los puntos considerados (m); pérdidas por fricción $h_f = \left(\frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot d \cdot g}\right)$ y pérdidas por resistencias locales $h_{rl} = \sum k_i \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$.

A continuación se muestra la tabla con las propuestas de diámetro y longitud de la tubería. Se determinó el flujo volumétrico de CENTERFOOD XL a dosificar. Se obtuvieron del catálogo de (COLORCENTER, 2016b) los valores de las propiedades densidad y viscosidad del producto.

Tabla 3.8: Valores requeridos para el cálculo del Reynolds en la sección evaluada.

Q(m ³ /s)	di(plgs)	di(mm)	di(m)	V(m/s)	μ (cp)	μ (Pa*s)	ρ (kg/m ³)
1,305E-05	0,5	12,5	0,0125	0,1064	10	0,01	1064

Tabla 3.9: Valores de coeficientes de resistencia locales en la sección evaluada.(Rosabal, 2006)

Accesorios	k
2 codos 90° estándar	1,5
entrada en un tubo	0,5
Salida de un tubo a un depósito de gran volumen	1,0
4 codos 90°	3,0
1 válvulas de cuña	0,17
	6,17

Tabla 3.10: Valores determinados de las pérdidas por fricción y por accesorios en la sección evaluada.

Re	ϵ (mm)	ϵ/di	f	L(m)	hf(m)	hrl(m)	hpt(m)
141,5	0,125	0,002404	0,45	12	0,2494	0,00356	0,253

Se consideró que las tuberías son de acero por lo que la rugosidad (ϵ) es 0,125, según la tabla 9 del apéndice y f es el factor de fricción haciendo uso de la figura 3,9 en función de Re y de ϵ/di , ambos en (Rosabal, 2006).

Tabla 3.11: Valores para la aplicación del balance de energía mecánica.

Z ₁ (m)	Z ₂ (m)	ΔZ(m)	ΔP/ρ*g	α*(ΔV ²)/2*g	h _{pt} (m)
0	4,6	4,6	0	0,0012	0,253

$$H = \Delta Z + \left(\frac{\Delta P}{\rho g}\right) + \left(\frac{\alpha \Delta V^2}{2g}\right) + h_{pt} \quad \text{Ec. (3.10)}$$

$$H = 4,85 \text{ m}$$

$$P = \frac{H * \rho * g * Q}{1000 * \eta} \quad \text{Ec. (3.11)}$$

$$P = 0,00088 \text{ kW}$$

3.3.1 Selección de la bomba

La bomba presenta una potencia baja, esto se debe principalmente a la carga y el flujo, según la tabla 4,20 del (Ulrich, 1985), se escoge una bomba centrífuga de flujo axial de pequeña potencia, esta se corresponde con la capacidad determinada, posee buena eficiencia y su costo es bajo, además en cuanto a los servicios la categoría predominante es la A (excelente o sin limitaciones).

3.3.2 Cálculo de las dimensiones del tanque de almacenamiento.

$$V = 1,354 \text{ m}^3$$

$$V = Ab * h \quad \text{Ec. (3.12)}$$

$$Ab = \frac{\pi * d^2}{4} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

$$h = 1,8 \text{ m}$$

$$Ab = \frac{V}{h} = \frac{1,354}{1,8} = 0,752 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * Ab}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,752}{3,1416}} = 0,979 \text{ m} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

3.3.3 Determinación del costo de adquisición del equipamiento.

Para la determinación del costo de adquisición o de compra del equipamiento para dosificar el CENTERFOOD XL, se obtuvieron los datos de costos en el (Peters, 1991), por lo que es necesaria su actualización a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Costo actual} = \text{Costo original} \times \left(\frac{\text{índice actual}}{\text{índice original}}\right) \quad \text{Ec. (3.16)}$$

El índice original del año 1991 era igual a 357,6 y el índice actual de 572,9 para el año 2018 (Chemical Engineering, abril 2018). La tabla 3.7 muestra los costos de adquisición originales y actualizados.

Tabla 3.7: Costo de adquisición del equipamiento con los costos originales y actualizados.

Equipo	Capacidad	Costo de adquisición según Peters, 1991 (USD)	Costo de adquisición total actualizado (USD)
Tanque de almacenamiento de acero inoxidable	1,354 m ³	4700 Fig.14-56	7529,73
Bomba centrífuga de flujo axial	H=4,85 m 1,305E-05m ³ /s	1035 Fig.14-40	1658
Tuberías	di=0,0125 m L=12m	31,5 Fig.14-6	50,39
Válvula de cuña	di=0,0125 m	70 Fig.14-28	112
Codos de 90 (6)	di=0,0125m	16,8 Fig.14-11	26,88
Costo total de adquisición			9377

3.3.4 Determinación del costo total de inversión.

La estimación del costo total de inversión se realizó utilizando los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes a la tabla 17 utilizando como referencia el libro Plant Design and Economics for Chemical Engineers (Peters, 1991), adaptándola a las características de la inversión. A continuación se muestra la tabla 3.8 con los resultados obtenidos.

Tabla 3.8: Factores de costo y cálculo del costo total de inversión.

COSTOS DIRECTOS		
Aspecto	%	Costo
CA		9377,00

Instalación del equipamiento	47% CA	4407,19
Instalación de tuberías	66% CA	6188,82
Instrumentación y Controles (Instalados)	18% CA	1687,86
Instalaciones eléctricas	11% CA	1031,47
Edificación (incluye servicios)	18% CA	1687,86
Facilidades de servicio (Instalados)	70% CA	6563,90
CD		30944,10
COSTOS INDIRECTOS		
Ingeniería y supervisión	33% CA	3094,41
Gastos de construcción	41% CA	3844,57
CI		6938,98
CI+CD		37883,08
OTROS ASPECTOS		
Derecho de contrato	5% (CD + CI)	1894,15
Contingencia	10% (CD + CI)	3788,31
COSTO FIJO DE INVERSIÓN (CFI)		43565,54
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN (CTI)		51253,58

3.3.5 Costo del CENTERFOOD XL.

Suponiendo que no exista ninguna producción, por lo que el sistema de tratamiento de residuales no reciba nuevos efluentes, se mantendrá la vitalidad del lodo a partir de la aplicación del CENTERFOOD XL. Será necesario por tanto un flujo de 1,128 m³ de nutriente por día, un kg de producto tiene un precio de 2,8 CUC, y este volumen equivale a 1200,19 kg de CENTERFOOD XL, para un costo de 3360,54 CUC, que la planta se encuentre sin funcionar. En caso de que exista un funcionamiento parcial de la textilera, se recomienda entonces monitorear la concentración de los SSV, y de ahí tomar la decisión de la dosis que se debe añadir, a partir de la semana de aplicación.

3.3.6 Daños evitados.

El precio del agua que se adquiere para este sector industrial es de 0,3 \$/m³, el volumen de agua que va a la planta de tratamiento es de 1200 m³/d, lo que significa un costo de 360 \$/d. Si esta agua es adecuadamente tratada recupera parcialmente su calidad y por tanto puede ser usada en el riego de determinados cultivos y a su vez se evita el daño

que provoca su vertimiento a los cuerpos receptores aledaños a la empresa. Además, si se mejoran las propiedades del agua con la aplicación de otros tratamientos posteriores al lodo activado, pudiera reciclarse la misma a ciertos sectores del proceso (lavado), y entonces se lograría una huella de agua inferior a la que actualmente presenta esta industria.

Conclusiones parciales:

El lodo presente en la planta de tratamiento de residuales líquidos tiene un aspecto poco compacto por lo que es probable que existan microorganismos filamentosos.

Se corroboró la factibilidad del uso del CENTERFOOD XL como nutriente del sistema de lodos activados de la planta de tratamiento de la UEB “Desembarco del Granma”, ya que se incrementa el valor de los sólidos suspendidos volátiles y se logra mantener por encima de la norma mínima requerida para el funcionamiento de la planta.

Al cabo de trece días, el valor de DQO determinado para el agua objeto de estudio fue de 224,1 mg/L.

Se requiere de un sistema auxiliar para la adición de los nutrientes el cual posee un costo de inversión de \$51253,58.

Si el sistema de tratamiento no recibe nuevos efluentes se requiere suministrar una cantidad de 1200,19 kg de CENTERFOOD XL una vez por semana, para un costo de 3360,54 CUC.

Conclusiones

Conclusiones

1. Se cuantificaron los consumos de los productos y materiales que intervienen en los procesos de elaboración de los tejidos blanqueados, teñidos, estampados y acabados, y resultan significativos los de agua ($0,1083 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de tela) y fuel oil ($0,246 \text{ kg}/\text{m}^2$).
2. Se aplicó el programa SimaPro Versión 9.0.0.35 para determinar los principales impactos ambientales que provocan los procesos que tienen lugar en la Planta de acabado de la UEB “Desembarco del Granma”, donde resultó la salud humana la categoría de daño más afectada.
3. Se determinó la huella de agua correspondiente a la Planta de acabado, cuyo valor es de $42,9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de tejido.
4. Se corroboró la factibilidad del uso del CENTERFOOD XL como nutriente del sistema de lodos activados de la planta de tratamiento de la UEB “Desembarco del Granma”, con el cual se logra mantener los SSV por encima de la norma mínima requerida para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
5. Se determinó el costo de inversión del sistema de flujo necesario para la aplicación del nutriente biológico CENTERFOOD XL, el cual es de \$51253,58.
6. Se requiere suministrar una cantidad de 1200,19 kg de CENTERFOOD XL una vez por semana, para un costo de 3360,54 CUC.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Caracterizar el lodo que actualmente se encuentra en la planta de tratamiento de residuales de la UEB "Desembarco del Granma".
2. En caso de paradas suministrar el nutriente biológico (CENTERFOOD XL), para mantener la vitalidad de los microorganismos presentes.

Bibliografía

1. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. USA, Water Pollution Control Federation. . 19th ed ed. New York.
2. ALBUERNE, V. P. 2005. GUIA DE OPERACIÓN DE CALDERAS DE VAPOR. *In: PSI, C. T. D. D. G. P. (ed.)*.
3. ARROYABE, J. & GARCÉS, L. F. 2007. Tecnologías ambientalmente sostenibles. Available: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/513>.
4. AUTORES, C. D. 2011. Agua en el mundo. *Estadísticas del agua en México*.
5. AVALOS, R. A. B. 2010. *Propuesta de Recuperación del Agua Residual Proveniente de la Industria Textil*, Universidad de El Salvador.
6. BENAVIDES, V. 2015. *Diseño del plan de gestión ambiental para la industria textil aritex de colombia S.A. Ingeniero Ambiental*. Universidad autónoma de Occidente.
7. CABRERA, M. A., ESTRADA, I. C. & DOMÍNGUEZ, E. R. R. 2018. PROPUESTA DE MEDIDAS DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS PARA EL PROCESO DE TEÑIDO EN LA TEXTILERA "DESEMBARCO DEL GRANMA". *Centro Azúcar*, 45.
8. CARO, E. G. M. 2016. El mercado de los hilados y tejidos para confección en Cuba. *In: HABANA, O. E. Y. C. D. L. E. D. E. E. L. (ed.)*.
9. CID, D. A. A. P. Alternativas de solución para el tratamiento de efluentes textiles. 2011.
10. COLORCENTER 2016a. CENTERFOOD XL. Nutriente biológico para depuradoras biológicas.
11. COLORCENTER 2016b. Productos para el tratamiento de aguas. Barcelona.
12. COLL, L. 1980. La industria textil en los países en vías de industrialización. Perspectivas en el sistema mundial. Ciudad de México.
13. CONESA, V. 2003. Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental.
14. CORTÉS, F. A. & PÉREZ, M. L. 2007. Agua virtual en México. XXII.
15. CRUZ, C. A. 2011. Adición de micronutrientes a un sistema de lodos activos como elementos potenciadores del proceso. *Hidrología y Gestión del Agua* Universidad de Cádiz: Fundación Centro de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA).
16. CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y., SAVENIJE, H. G. & GAUTAM, R. 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. . *Ecological Economics*, 60, 186–203
17. CHUDоба, J. 1986. *Fundamentos teóricos de algunos procesos para la purificación de aguas residuales*, Ciudad de La Habana, ISPAJE.
18. DÍAZ, I. M. 2005. GUIA DE OPERACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.
. *In: GRANMA, C. T. D. D. (ed.)*.
19. DÍAZ, R. B. 2006. *Tratamiento de aguas y aguas residuales*
20. DUQUE, J. A. D. 2011. HACIA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA EN CUBA *GEO12-02*, 9.
21. FLORES, M. A. T. T. 2016. Química Ambiental.
22. FORO CONSULTIVO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO, A. 2012. Los recursos hídricos en Cuba: una visión. *In: JUAN PEDRO LACLETTE, P. Z. (ed.) DIAGNÓSTICO DEL AGUA*

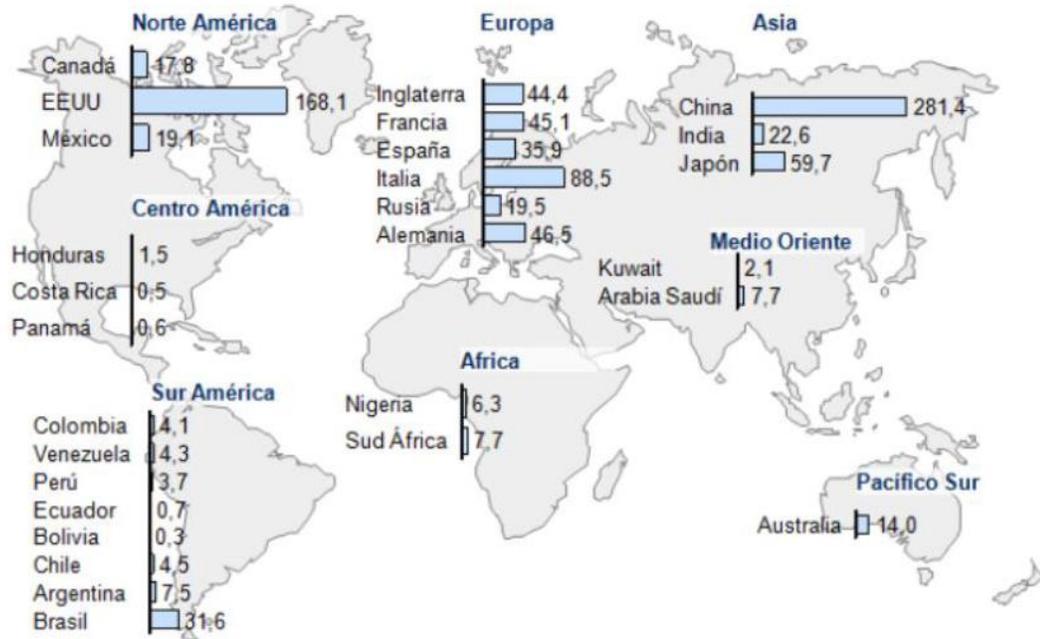
EN LAS AMÉRICAS.

23. GALLISSÀ, E. C. 2012. *Los retos sostenibilistas del sector textil* Universidad Politécnica de Cataluña.
24. GÁMEZ, L. S., ROSELL, M. C. & SALAZAR, R. 2009. Treatment of textile waste water by membrane bioreactor. *Engineering and Development* 26.
25. GEARH 2018. Memorias del Balance de Agua en la Provinvia de Villa Clara.
26. HERNÁNDEZ, M. D. L. A. G. 2016. Caracterización de la Empresa Textil Desembarco del Granma.
27. HERNÁNDEZ, M. D. L. Á. G. 2014. Descripción de los procesos de la Planta de Acabdo.
28. HOEKSTRA, A. Y. & MEKONNEN, M. M. 2012. The water footprint of humanity. Available: <http://waterfootprint.org/en/resources/water-footprint-statistics/>.
29. [HTTPS://WATERFOOTPRINT.ORG/MEDIA/DOWNLOADS/MANUALEVALUACIONHH.PDF](https://waterfootprint.org/media/downloads/manualevaluacionhh.pdf) Manual de Evaluación de la Huella Hídrica.
30. [HTTPS://WWW.KIENYKE.COM/TENDENCIAS/MEDIO-AMBIENTE/LA-HISTORIA-DETRAS-DE-INDUSTRIA-DE-LA-MODA](https://www.kienyke.com/tendencias/medio-ambiente/la-historia-detras-de-industria-de-la-moda). *La historia detras de industria de la moda* [Online].
31. JIMÉNEZ, R. C. G. 2009. *Cinética de Degradación de Colorantes Textiles de Diferentes Clases Químicas por Hongos y Bacterias* Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.
32. KAHALÉD, A. 2009. Treatment of artificial textile dye effluent containing Direct Yellow 12 by orange peel carbon.
33. KASSNER, L. A. G. 2016. *ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE MANEJO AMBIENTAL, EN LAS EMPRESAS DEL CLÚSTER TEXTIL CONFECCIONES DEL TOLIMA*. MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, UNIVERSIDAD DE MANIZALES
34. LINARES, M. G. 2015. *Evaluación de la sección de blanqueo de la planta de acabado de la UB Desembarco del Granma, así como la posible modificación de algunas de las recetas empleadas en el proceso.*, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
35. LUNA, M. A. A. 2008. *Análisis del Cluster Textil en Perú*.
36. MACROMEDIA, F. P. 2016. *Industria Textil*.
37. MANUEL GÓMEZ GÓMEZ & CECILIA DANGLÓT BANCK, L. V. F. 2010. Disponibilidad de agua para la salud y la vida. Lo que todos debemos saber. *Revista Mexicana de Pediatría*.
38. MARTÍNEZ, O. A. 2010. *Remoción de colorantes de efluentes de la industria textil*. Universidad Autónoma Metropolitana.
39. MÉNDEZ, R. 1997. *Tecnología de tratamiento de corrientes residuales contaminantes*, Universidad de Santiago de Compostela.
40. MUNDIAL, O. M. 1997. ¿Hay suficiente agua en el mundo?
41. MUÑOZ, Y. Q. 2012. *Informe Final de Investigación "Estudio de las sustancias inorgánicas más usadas en al Industria Textil y la importancia de su conocimiento en los ingenieros industriales"*. Universidad Nacional de Callao.
42. NAVARRO, F. M. 2007. *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional.*, Universidad de Castilla-La Mancha.
43. OEKO-TEX 2006. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, fabricación de textiles. .

44. ORDOÑEZ, C. & MORILLO, S. J. C. 2012. *Propuesta de producción más limpia en el proceso de tinturado en la industria "Textiles María Belén" ubicada en el distrito metropolitano de Quito.*, Universidad Central del Ecuador.
 45. PÉREZ, I. N. 2015. *Evaluación técnico-económica y ambiental del redimensionamiento de la planta de tratamiento de residuales del combinado textil "Desembarco del Granma"* Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
 46. PETERS, M. 1991. Plant design and economics for chemical engineers.
 47. PRASETYO, I. 1992. *Removal of toxic metals from aqueous solutions by biosorption.* University Montreal.
 48. ROSABAL, J. M. 2006. *Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas. Tomo I.*
 49. SALAS, G. & CONDORHUAMAN, C. 2009. Huella de Carbono en la Industria Textil. 12 No.2, 25-28.
 50. SERRANO, E. 2005. Control de la deficiencia de nutrientes en un proceso de depuración biológica.
 51. TEXVI 2005a. GUIA DE OPERACIÓN DE REFRIGERACIÓN. *In: GRANMA"*, C. T. D. D. (ed.).
 52. TEXVI 2005b. MANUAL DE OPERACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUA
- In: "*, C. T. D. D. G. (ed.).
53. TEXVI 2016a. Sistema de gestión de la calidad. Proceso Tecnológico de Acabado. *PO 301-31.*
 54. TEXVI 2016b. Sistema de gestión de la calidad. Proceso Tecnológico de Blanqueo. *PO 301-28.*
 55. TEXVI 2016c. Sistema de gestión de la calidad. Proceso Tecnológico de Estampado. *PO 301-30.*
 56. TEXVI 2016d. Sistema de gestión de la calidad. Proceso Tecnológico de Teñido. *PO 301-29.*
 57. ULRICH, G. 1985. Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química.
 58. WULCA 2015. Water Use in Life Cycle Assessment. The AWARE method.
 59. ZARAGOZA, D. E. 2008. El impacto ambiental de las actividades industriales: el cambio necesario *Hacia un uso sostenible de los recursos naturales.* .
 60. ZAROR, Z. C. A. 2000. Introducción a la Ingeniería Ambiental para la industria de Procesos.

Anexos

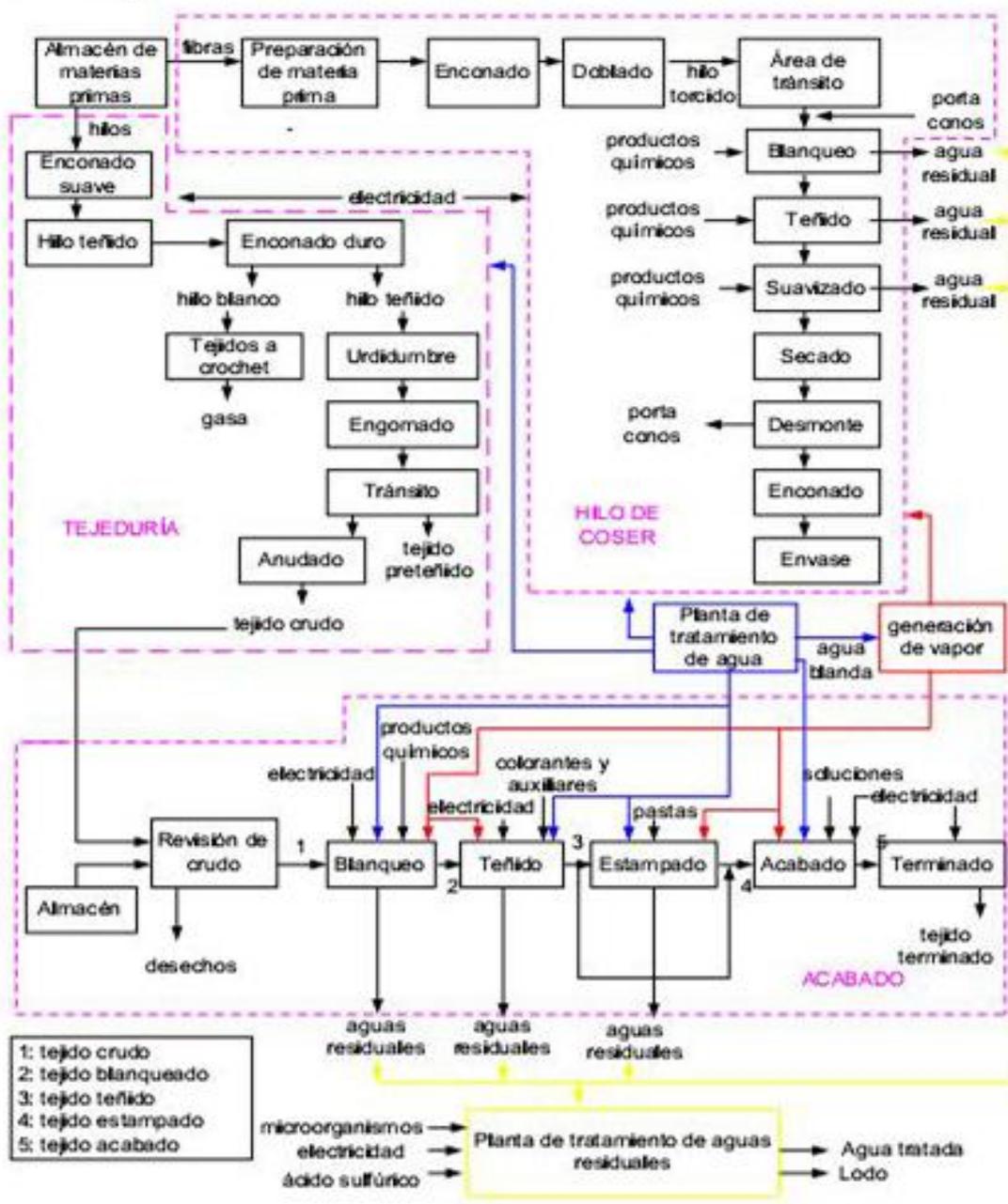
Anexo 1: Consumo de textiles y confecciones en el año 2008, (US miles de millones).



Anexo 2: Aireador de eje vertical de alta velocidad.



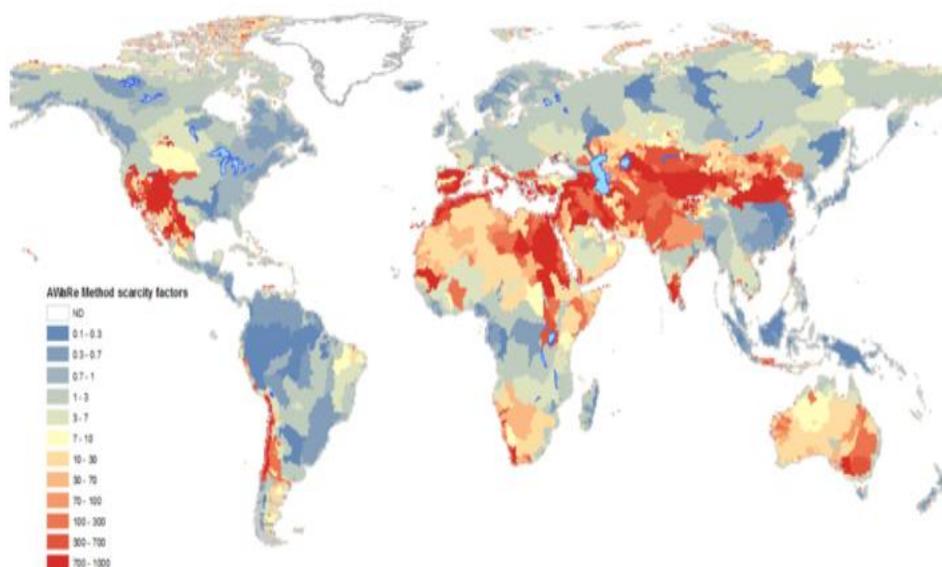
Anexo 3: Esquema general que representa los principales procesos productivos con el sistema de tratamiento de agua residual.



Anexo 4: Parámetros de diseño del sistema de lodos activados de la Empresa Textil "Desembarco del Granma".

V	7890,00	m ³	Volumen del tanque de aireación.
Q	10100,00	m ³ /d	Caudal afluente.
R/Q	0,45		Razón de recirculación.
Θ	13,00	h	Tiempo de residencia hidráulico.
SSLM	4000,00	mg/L	Concentración de sólidos suspendidos en la cisterna de aireación.
SSVLM	3200,00	mg/L	Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado.
A/M	0,13	kg DBO ₅ / kg SSVLM-día	Relación alimento microorganismos.
OD	(1,5÷4)	mg/L	Concentración de oxígeno disuelto en la cisterna de aireación.
Wsed	< 8·10 ⁻³	m/min	Velocidad de sedimentación
Fsed	1018,00	m ²	Área de sedimentación.
IVL	200,00	ml/g	Índice volumétrico del lodo.
DBO ₅	414,00	mg/L	DBO ₅ del afluente.

Anexo 5: Factores de caracterización por el método AWARE.



Anexo 6: Determinación de la DQO por el método de reflujo (oxidación con dicromato de potasio)

Se emplea un frasco elenmeyer de 250 ml con cuello esmerilado, un condensador de 300 ml de refrigerante con junta esmerilada y una hornilla de 300 Watt; y como reactivos, una solución patrón de dicromato de potasio a 0,250 N, ácido sulfúrico, patrón de sulfato de amonio amoniacal a 0,1 N y solución indicadora de ferrina. El método consiste en la digestión y valoración redox. La cantidad de oxidante (dicromato de potasio) necesario en medio ácido para oxidar una muestra determinada es equivalente a la cantidad de oxígeno requerida.

Anexo 7: Valores de DQO durante el mes de abril de 2019 en la UEB “Desembarco del Granma”.

Días	DQO (Entrada)	DQO (Salida)
2	440,6	163,2
5	276,6	97,1
9	250,8	129,3
10	203,8	105,8
16	304,5	111,5
18	162,9	59,2
23	429	77,8
29	332,3	97,6

Anexo 7: Resultados obtenidos de SSV (mg/L), para la primera situación de trabajo.

SSV (g/mL)	Promedio (g/mL)	Promedio (mg/L)
0,01682	0,018287	18287
0,01976	-	-
0,00196	0,00209	2090
0,00222	-	-
0,01809	0,017035	17035
0,01598	-	-
0,00186	0,001848	1848
0,00184	-	-
0,02494	0,025248	25248
0,02556	-	-
0,00171	0,001712	1712
0,00172	-	-
0,02291	0,02291	22910
0,00217	0,0020	2000
0,00183	-	-
0,02241	0,022597	22597
0,02279	-	-
0,00330	0,003246	3246
0,00319	-	-

Anexo 8: Resultados obtenidos de SSV (mg/L), para la segunda situación de trabajo.

SSV (g/mL)	Promedio (g/mL)	Promedio (mg/L)
0,02388	0,024589	24589
0,02529	-	-
0,00209	0,002042	2042
0,00199	-	-
0,02381	0,025693	25693
0,02757	-	-
0,00205	0,001976	1976
0,00190	-	-
0,02336	0,02369	23690
0,02402	-	-
0,00203	0,001838	1838
0,00165	-	-
0,02245	0,023761	23761
0,02507	-	-
0,00211	0,002092	2092
0,00208	-	-
0,02131	0,023544	23544
0,02578	-	-
0,00223	0,002068	2068
0,00190	-	-

Anexo 9: CENTERFOOD XL

