



Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica

Programa Especial de Titulación:

“Implementación de un Proceso de Electrocoagulación
para el Tratamiento y Recuperación de Efluente Textil
en la Empresa Cotton Knit SAC.”

Ronald Joel Calvo Coronel

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor: Marco Alfredo Polo Villanueva

Lima – Perú

2017

DEDICATORIA

Gracias primero a Dios. A mi madre Albina Coronel Chávez, por su inquebrantable voluntad de estar a mi lado, por su apoyo, creer en mí, por su valentía y esa maravillosa fe que tiene en nuestro dios, por sus valiosas enseñanzas y por ser un claro ejemplo a seguir. Me siento afortunado de haberte tenido toda mi vida y en especial durante mi formación profesional. Ahora me siento preparado para lograr todas mis metas y ser un profesional exitoso.

AGRADECIMIENTO

A Dios que nos da con cada nuevo día la oportunidad de ser mejores.

A nuestras familias que nos enseñaron a no rendirnos cuando las cosas se ponen difíciles porque esas son las que valen la pena.

A nuestra Universidad por brindarnos el entorno donde podemos formarnos como profesionales.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPITULO 1	13
PROBLEMA DE INVESTIGACION	13
1.1. Planteamiento Del Problema	13
1.2. Formulación del Problema	15
1.2.1. Problema General	15
1.2.2. Problemas Específicos	15
1.3. Justificación e Importancia	15
1.4. Limitaciones	15
1.5. Antecedentes de la Investigación	16
1.5.1. Tesis Nacionales	16
1.5.2. Tesis Internacionales	17
1.6. Objetivos	18
1.6.1. General	18
1.6.2. Específicos	18
CAPÍTULO 2	19

MARCO TEÓRICO	19
2.1. Bases Teóricas	19
2.1.1. La Electrocoagulación	19
2.2. Definición de términos	25
CAPITULO 3	28
MARCO METODOLÓGICO	28
3.1. Variable	28
3.1.1. Definición conceptual de las variables	28
3.2. Metodología	29
3.2.1. Tipos De Estudio	29
3.2.2. Diseño De Investigación	29
3.2.3. Investigación Cualitativa	29
CAPÍTULO 4	31
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.	31
4.1. Análisis situacional de empresa Cotton Knit, SAC	31
4.2. Alternativa de solución	35
4.2.1. Tratamiento de Efluente por Biofiltros	35
4.2.2. Tratamiento Físico - Químico por DAF (Dissolved Air Flotation) DAF (Dissolved Air Flotación)	38
4.2.3. Sistema Electrocoagulación	40
4.3. Elección del Tratamiento Adecuado	42
4.3.1. Solución del Problema	43
4.3.1.1. Plan de Tratamiento	44

4.3.1.2. Tratamiento Secundario	44
4.3.1.3. Manejo de Lodos.....	44
4.3.1.4. Filtración Ultra - Pre Tratamiento de las Plantas de Osmosis Inversa	44
4.3.1.5. Planta de Reciclaje de Efluente - Etapa I.....	44
4.3.1.6. Descripción del Proceso para el Procesamiento Efluente de Tintura de Textiles 45	
4.3.2. Recursos Requeridos	46
4.3.2.1. Memoria de cálculo de la estructura de la planta de tratamiento	48
4.3.2.2. Diagrama de Viga con Carga Uniformemente Distribuida.....	55
4.3.2.3. Momentos Últimos	56
4.3.2.4. Momento Máximos de Diseño	57
4.3.2.5. Fuerzas Cortantes	57
4.3.2.6. Fuerzas Cortantes Máximos.....	58
4.3.3. Datos de lo que requiere la planta de tratamiento para su funcionamiento. 58	
4.4. Cronograma de Implementación del Proyecto.....	63
4.5. Análisis Económico – Financiero	64
CAPITULO 5.....	68
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	68
5.1. Análisis de los resultados obtenidos Electrocoagulación.....	68
5.2. Electrocoagulación:.....	70
5.3. Descripción General de DAF	70
5.4. Prensa de Filtro.....	72

5.5.	Uso Principal de la Prensa de Filtro.....	72
5.6.	Filtro de Arena con Presión Descripción del Producto	73
5.7.	Descripción del Proceso para la Planta de Reciclaje.....	74
5.7.1.	Ultra Filtración.....	74
5.7.2.	Ciclo de Servicio.....	75
5.7.3.	Retro lavado ultra filtración (BW)	76
5.7.4.	Servicio de Mantenimiento (MC)	76
5.7.5.	Limpieza de Recuperación (RC).....	76
5.7.6.	Equipos Auxiliares.....	77
5.7.7.	Osmosis Inversa.....	78
	CONCLUSIONES.....	80
	RECOMENDACIONES	82
	GLOSARIO	83
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso De Producción De La Empresa.	14
Tabla 2 Tratamiento Físico-Químico de Aguas Residuales: Coagulación-Floculación	23
Tabla 3 Cuadro De Indicadores	28
Tabla 4 Cuadro de Costo del Agua en el Año 2016.	32
Tabla 5 Valores promedio de los parámetros físicos químicos de la calidad del agua en el proceso de sedimentación y filtración.....	36
Tabla 6 Cuadro Comparativo de Proceso	42
Tabla 7 Perfil del Acero en Viga H, Perfiles del Acero.	53
Tabla 8 Cuadro de Recursos Requeridos para la Planta de Electrocoagulación.	58
Tabla 9 Cuadro de Recursos para la Planta de Tratamiento en el DAF	59
Tabla 10 Cuadro de recursos para el filtro prensa	60
Tabla 11 Cuadro de Costo de Planta de Tratamiento.	60
Tabla 12 Cuadro de Costo Operativo de la Instalación de la Planta.....	61
Tabla 13 Costos de Energía	62
Tabla 14 Costo de Energía	62
Tabla 15 Cuadro Ahorro del Consumo de Sal.	64
Tabla 16 Cuadro de Ahorro del Agua en la Planta de Tratamiento.....	66
Tabla 17 Cuadro de datos que nos arroja el VAN y TIR.....	67
Tabla 18 Parámetros de la Electrocoagulación.	68
Tabla 19 Parámetros de la Separación de Sólidos.	69
Tabla 20 Parámetros del Ablandamiento del Agua.....	69
Tabla 21 Cuadro de Control de la Planta de Tratamiento.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Celda de Electrocoagulación.	20
Figura 2 Imagen de Separación Iónica	21
Figura 3 Ilustración de la Doble Capa Eléctrica	23
Figura 4 Mecanismo de Coagulación de Partículas Coloidales.....	24
Figura 5 Mecanismo de Desestabilización de Emulsiones.....	25
Figura 6 Proceso de Tejido de la Empresa.....	31
Figura 7 Cuadro de Consumo de Agua en un Año	32
Figura 8 Descarga de teñidora de tela, el área de producción los nombra como B1 y B2. Línea de descarga de las maquinas teñidoras de hilo y lavandería.....	33
Figura 9 Descarga teñidora de hilos que tienen el nombre de Bellini.....	34
Figura 10 Imagen de la disposición de los estanques en el proceso de sedimentación y filtración.....	35
Figura 11 Sección Del Biofiltro.	36
Figura 12 Áreas Que Ocupa La Planta De Tratamiento.	37
Figura 13 Diagrama Completo de Intervención desde la Descarga hasta la Reutilización.	38
Figura 14 Flotación por Aire Disuelto.	39
Figura 15 Tratamiento Biológico – Sedimentación.....	39
Figura 16 Depuración Biológica Se Forma Naturalmente.....	40
Figura 17 Área De Trabajo De Los Tanque De Electrocoagulación.	41
Figura 18 P&ID de la Planta de Tratamiento de Efluente Textil.....	43
Figura 19 Parte del plano de empresa Cotton Knit, SAC.....	47
Figura 20 Ubicaciones de los Equipos a usar en la Planta de Tratamiento...47	
Figura 21 Distribución de Carga de Viga.....	52
Figura 22 Distribuciones de Cargas de Diseño.	55
Figura 23 Visualizaciones de las Vigas	55
Figura 24 Visualización de los Momentos Flectores	56
Figura 25 Magnitudes del Momento Flector	56
Figura 26 Magnitudes Del Momento Máximo Que Soportara La Estructura. .57	
Figura 27 Fuerzas Cortantes en la Estructura.....	57
Figura 28 Fuerzas Cortantes Máximo en la Estructura.....	58

Figura 29 Cronograma del Proyecto.....	63
Figura 30 Circuito de Celdas de la Electrocoagulación.	70
Figura 31 Flotación De Aire Disuelto (DAF)	71
Figura 32 Filtro Prensa.....	72
Figura 33 Filtro Arena	74
Figura 34 Ultra Filtración el Proceso de Trabajo y Limpieza.....	75
Figura 35 Osmosis Inversa.....	78
Figura 36 Esquema De Planta Tintorería Con La Planta De Tratamiento	79
Figura 37 P&D Planta De Tratamiento De Efluente Textil.....	89
Figura 38 Plano De Ubicación De Planta De Tratamiento De Efluente Textil En La Empresa COTON KNIT S.A.C.....	90

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado Implementación de un Proceso de Electrocoagulación para el Tratamiento y Recuperación de Efluente Textil en la Empresa Cotton Knit, SAC, tiene por objetivo proponer la implementación de un proceso que permita recuperar el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit, SAC, haciendo énfasis en la necesidad de contar con una estrategia como medio para alcanzar la optimización de recursos y reducción del impacto ambiental. El Tipo de Investigación es Cualitativa-Descriptiva-Transversal. Su Diseño es Tipo No Experimental y su Método es Analítico, y los indicadores empleados mostraron la función del tratamiento del efluente textil durante el proceso de electrocoagulación. En el I Capítulo (Problema de Investigación), describiendo el problema y su desarrollo. El II Capítulo, (Marco Teórico), sobre la elección de una estrategia para que logre su objetivo principal. En el III Capítulo (Marco Metodológico), exponiendo las variables, su metodología y diseño y método de investigación. En el IV Capítulo (Metodología para la Solución del Problema), sobre las alternativas, solución del problema, recursos humanos y equipamiento. En el V Capítulo (Análisis y Presentación de Resultados- Conclusiones-Recomendaciones-Bibliografías), para aumentar el valor económico de la empresa. Concluyendo que, los estudios determinaron la implementación del proceso de electrocoagulación para el tratamiento del efluente textil que permite un 70% de recuperación del agua empleada.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, titulado Implementación de un Proceso de Electrocoagulación para el Tratamiento y Recuperación de Efluente Textil en la Empresa Cotton Knit, SAC, tiene por objetivo proponer la implementación de un proceso que permita recuperar el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit, SAC, donde de esta manera, optimizaremos los recursos de la empresa, también permitirá tratar el agua en beneficio del medio ambiente y el ecosistema, igualmente, se reducirá el consumo de sal industrial que se usa actualmente en procesos comunes para ablandar el agua y todo ello será una optimización de recursos para la empresa. La empresa Cotton Knit SAC, conto con el soporte del libro citado: Tratamiento Físicoquímico De Aguas Residuales: Coagulación-Floculación, Aguilar (2002).

Los estudios realizados han permitido determinar la implementación del proceso de electrocoagulación para el tratamiento del efluente textil que permite la recuperación del 70% del agua empleada, el rendimiento de remoción de tintes es de 90%. El proceso de osmosis inversa propuesto, utilizando celdas de membrana a 20 Bares de presión, nos permite filtrar el agua del cual quedarán atrapados las sales Na y Ca, después estarán en óptimas condiciones para el uso en la planta de tintorería. Por otra parte, el rechazo que tendremos estará dentro de los parámetros del PTAR, para ser eliminado por la alcantarilla.

CAPITULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento Del Problema

Cotton Knit SAC, es una empresa familiar fundada en junio de 1.991, líder en la producción y exportación de prendas de vestir de algodón en tejido de punto.

Desde sus inicios el objetivo principal es la satisfacción de sus clientes. Para esto mantiene políticas de inversión en infraestructura, maquinarias y equipos, así como la constante innovación de los procesos y el permanente desarrollo y fortalecimiento de la cultura organizacional.

Gracias a estas políticas COTTON KNIT S.A.C. ha logrado crecer a través de los años, inició con 15 colaboradores y actualmente cuenta con más de 2,400 colaboradores, todos ellos capacitados y comprometidos con la calidad y el servicio para sus clientes. Además, posee equipos de última generación que le permiten ofrecer la variedad de telas y prendas de la mejor calidad a sus clientes.

Actualmente, produce más de 600,000 prendas mensuales y cuenta entre sus procesos con tejeduría, tintorería, confección, lavandería, bordado y estampado.

La producción de prenda está determinada por los siguientes procesos:

Planeamiento de la fabricación: Planifica la producción de prendas en base a los requerimientos de los clientes, tomando en cuenta los nuevos productos solicitados, para de esa manera poder planificar la operación de las máquinas y cumplir con los tiempos de entrega.

Tejeduría: Realiza la transformación de los hilos en tela, es la evolución del tejido de acuerdo a la posición de los hilos en la maquina circular. Después de este proceso la tela es llevada al almacén de Tela Cruda donde se almacena.

Tintorería: Durante esta etapa se consigue dar el colorido necesario a las fibras sean estas en hilos y en tela, de acuerdo a los requerimientos del cliente.

Teñido en Conos; de hilados de Algodón, poliéster y sus mezclas se tiñen en autoclaves y tienen la siguiente secuencia: lavado previo, teñido, lavado posterior, fijado posterior.

Acabados: Consta de los siguientes procesos:

Secado en Rama: Cuenta con 6 cámaras, cada una tiene un quemador y dos ventiladores que se encargan de distribuir el calor por toda la tela, aquí la tela pasa por las cámaras a alta temperatura y le da consistencia a la tela.

Compactado: En este proceso se fijan tanto los colores como se determina el ancho de la tela, también se realiza el estiramiento de la tela.

Corte: En esta sección se realiza el corte de las telas y tejidos, este proceso se realiza con la máquina de corte automática de marca Lectra.

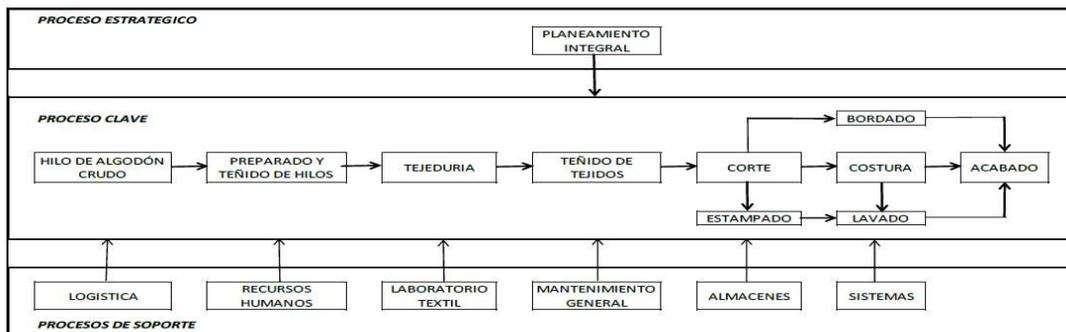
Confección: En esta sección se lleva a cabo la confección de polos y sweaters, se realizan los diferentes diseños requeridos por nuestros clientes.

Acabado de Tela: Este proceso consiste en darle al tejido la textura de calidad final y los pasos a seguir son:

Acabado Húmedo, es el lavado del tejido y se realiza en Lavandería.

Acabado Seco, es el proceso final mediante el tendido y planchado de la tela

Tabla 1. Proceso De Producción De La Empresa.



Fuente Cotton Knit, SAC.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Qué proceso permite recuperar el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Qué proceso permite romper el enlace iónico en el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC?
- ¿Qué proceso permite separar los residuos sólidos en el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC?
- ¿Qué proceso permite ablandar el agua en el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC?

1.3. Justificación e Importancia

El proceso permitirá recuperar el 70 % del agua que se desecha actualmente, de esta manera optimizaremos los recursos de la empresa, también permitirá también tratar el agua en beneficio del medio ambiente y el ecosistema, igualmente, se reducirá el consumo de sal industrial que se usa actualmente en procesos comunes para ablandar el agua y todo ello será una optimización de recursos para la empresa.

1.4. Limitaciones

- Limitaciones a revelar datos confidenciales de la empresa con respecto a su planta.
- No tener acceso a un laboratorio especializado para realizar pruebas de la separación iónica del efluente textil para corroborar la teoría.

1.5. Antecedentes de la Investigación

Se revisaron diferentes tesis, con temas similares que guardan relación con el proyecto implementación de un sistema de electrocoagulación para el tratamiento y recuperación de efluente textil en la empresa COTTON KNIT, SAC, usándose como guía los siguientes:

1.5.1. Tesis Nacionales

- **Tema:** Reducción de la Carga de Contaminantes de las Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Totorá –Ayacucho Empleando la Técnica de Electrocoagulación.

Autor: Gloria Inés Barboza Palomino

Asesor: Dr. Adolfo La Rosa Toro Gómez

Universidad: Universidad Nacional de Ingeniería

Carrera: Ingeniería industrial

Objetivo General: Reducir la carga de contaminantes de las aguas residuales de la planta de tratamiento de Totorá – Ayacucho empleando el método de electrocoagulación con electrodos de sacrificio de aluminio.

Objetivos Específicos:

- Evaluar parámetros de trabajo para el proceso de electrocoagulación que son: densidad de corriente y tiempo de electrocoagulación y su efecto en el pH, la conductividad y la turbidez de la muestra en estudio.
- Determinar el porcentaje de remoción de la carga de contaminantes de las aguas residuales de PTAR “La Totorá” por medición de la turbidez, coliformes fecales y DBO5.

Conclusiones: El método de electrocoagulación resultó ser muy efectivo y útil en el propósito de reducir la carga de contaminantes del efluente de la PTAR “La Totorá”. Su aplicación permitió la remoción de turbidez, sólidos totales, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza total, coliformes fecales y materia orgánica expresada

como disminución de DBO5. En la actualidad donde el fenómeno ambiental está tomando cada vez mayor interés la electrocoagulación se perfila como un método prometedor de limpieza y purificación para tratamiento de agua.

1.5.2. Tesis Internacionales

- **Tema:** Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales del Proceso de Lavado y Tinturado de Jeans en la Empresa “Mundo Color” mediante electrocoagulación.

Autor: Byron Geovanny Oña Pazmiño David Ruperto Falconí Cedillo

Universidad: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Descripción: El proyecto de tratamiento avanzado de aguas residuales del lavado y tinturado de jeans en la empresa “Mundo Color” mediante electrocoagulación, su objetivo es tratar las aguas residuales mediante la construcción de un prototipo, comparando todos los parámetros químicos del agua residual y el agua tratada. Se realizó un análisis de los diferentes métodos para tratamientos de aguas residuales, enfocándonos principalmente en el tratamiento por electrocoagulación, estudiando sus ventajas, desventajas y sus diferentes formas de funcionamiento.

Objetivo General. Realizar el tratamiento de aguas residuales del proceso de lavado y tinturado de jeans en la empresa “MUNDO COLOR” mediante electrocoagulación

Objetivos Específicos:

Analizar las características iniciales del agua residual

Identificar los parámetros críticos para la descontaminación

Diseñar el prototipo del sistema de tratamiento avanzado

Analizar los resultados obtenidos.

- **Tema:** Diseño y Construcción del Prototipo de un Sistema de Electrocoagulación de Tratamiento de Aguas Residuales

Autor: Martin Adolfo papeleo Tamayo Stephen Enrique Rodríguez

Universidad: Universidad de San Buenaventura Cali

Objetivo General: Desarrollar un prototipo electrónico de pequeña escala para electrocoagulador, con el cual se podrán realizar pruebas que validen el uso de esta tecnología en aguas residuales de diferentes sectores industriales.

Objetivos Específicos

- Estudiar los procesos de coagulación y electrocoagulación en las plantas de tratamiento de aguas. Diseñar y especificar el tanque para el electrocoagulador.
- Construir y realizar montaje del electrocoagulador.
- Desarrollar la etapa de potencia para producir el efecto de electrolisis deseado.
- Diseñar una aplicación micro controlada para el control del electrocoagulador.

1.6. Objetivos

1.6.1. General

- Proponer la implementación de un proceso que permita recuperar el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC.

1.6.2. Específicos

- Proponer la Implementación de un proceso que permita romper el enlace iónico en el efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC.
- Proponer la Implementación de un proceso que permita separar los residuos sólidos del efluente textil para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC.
- Proponer la implementación de un proceso que permita el ablandamiento del agua para su reutilización en la planta de tintorería de la empresa Cotton Knit SAC.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. La Electrocoagulación

Electro-coagulación es la última tecnología utilizada en el tratamiento de aguas residuales. Esta tecnología se utiliza con éxito en el tratamiento de aguas residuales, el lavado de la nave, industria de la carne, procesamiento de pescado y procesamiento de alimentos. Sistema de electro-coagulación se basa en los siguientes principios científicos.

El análisis de la información existente muestra que una gran variedad de partículas disueltas y suspendidas pueden ser removidas de manera efectiva de soluciones acuosas por electrólisis.

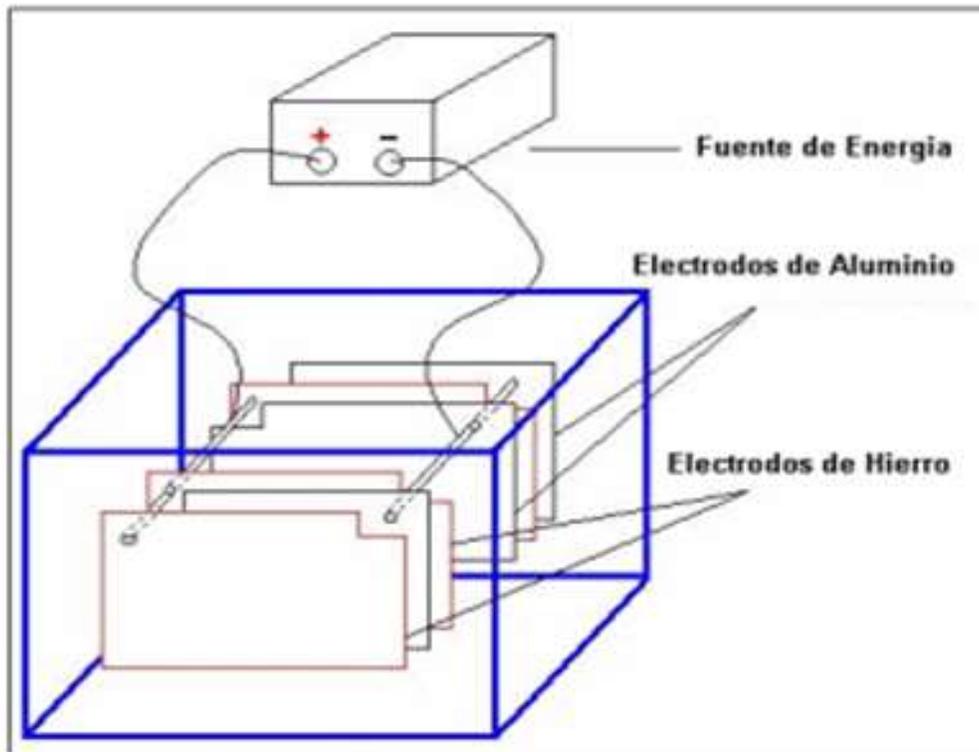
“En el caso de la EC con ánodos de sacrificio, la selección del material del electrodo va a depender de la naturaleza y afinidad que tenga el contaminante que se pretende remover con el coagulante producido, es decir, si se quiere remover material suspendido, el coagulante debe propiciar una desestabilización de los coloides para que éstos se aglutinen y posteriormente sean separados por precipitación. En el caso de elementos disueltos se busca que el coagulante los adsorba o los retenga mediante algún mecanismo fisicoquímico. Cuando se trata de electrodos inertes como el acero inoxidable, fierro, el titanio, platino, níquel, grafito, etc., el mecanismo de remoción es debido a que se presenta una reducción electroquímica del agua en el cátodo incrementándose el pH propiciando la formación de sales básicas poco solubles e hidróxidos de metales polivalentes que precipitan, y col. (1987)”.¹

“El reactor electrolítico, donde se realiza la EC, es un recipiente de termoplástico como el que se muestra en la figura. Consta de una fuente de energía para inducir la corriente eléctrica y de los electrodos dispuestos de forma intercalada dentro del reactor, estos van

¹ (Piña-Soberanis, 2011)

cubiertos por el agua a tratar. El material de los electrodos varía de acuerdo al tipo de sistema utilizado, estos pueden ser de hierro, de aluminio, cobre, acero o aleaciones de aluminio y magnesio. Las partículas coloidales se desestabilizan con la adición de iones multivalentes (Fe^{+++} y Al^{+++}). Los electrodos son de sacrificio, según Faraday, debido a que en el proceso electrolítico desprenden en el agua los iones que desestabilizan los coloides.

Figura 1 Celda de Electrocoagulación.



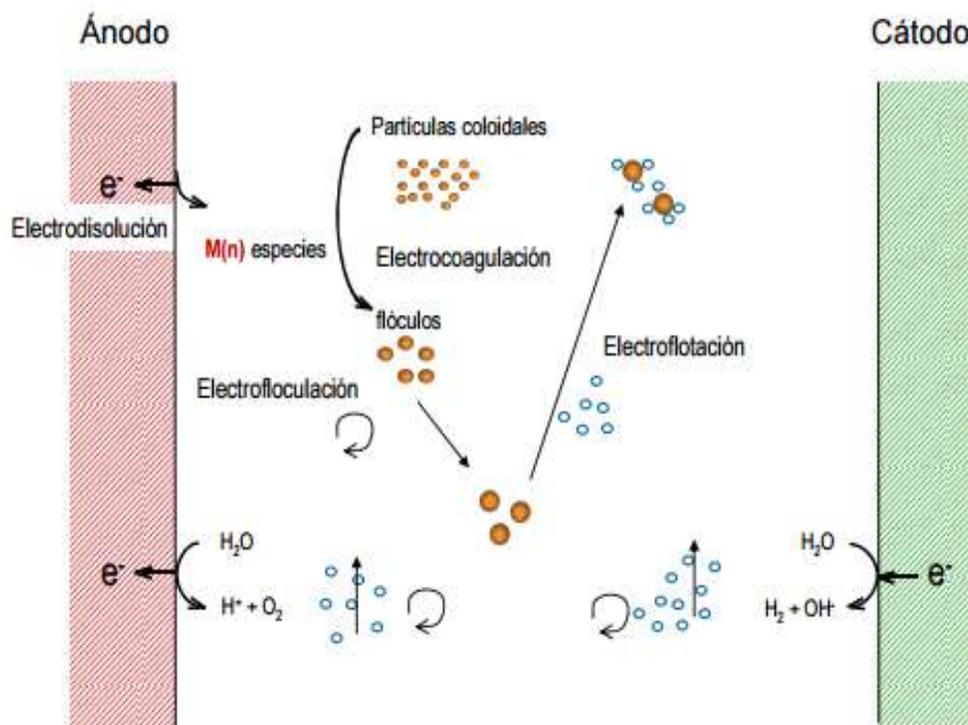
Fuente: (<http://hdl.handle.net/10578/984>)

Durante el proceso se generan compuestos que desestabilizan las suspensiones y emulsiones provocando su floculación; de igual manera ocurre una disolución anódica donde se liberan elementos que pueden reaccionar con algunos contaminantes en solución precipitándolos. En los electrodos se generan micro burbujas de hidrógeno y oxígeno que chocan y se adhieren a los flóculos, arrastrándolos a la superficie del líquido donde se

forma una espuma que puede ser removida mecánicamente. También, las burbujas formadas dentro del reactor ayudan a que el aceite y las grasas floten”²

“Los iones Al^{3+} ó Fe^{2+} son coagulantes muy eficientes para la floculación de partículas, por lo que en EC son frecuentemente utilizados electrodos de hierro o de aluminio. Los iones de aluminio hidrolizado pueden formar largas cadenas de $Al-O-Al-OH$ las cuales pueden adsorber químicamente una gran cantidad de contaminantes, Shen y col. (2003). El aluminio es normalmente usado para el tratamiento de agua potable y el hierro para el tratamiento de aguas residuales. En el caso del hierro, el $Fe(OH)_3$ forma un coloide café rojizo y dependiendo del pH y de la disponibilidad de iones ferrosos, puede reaccionar con el oxígeno disuelto para dar Fe_3O_4 , Yousuf y col. (2001).

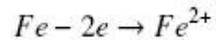
Figura 2 Imagen de Separación Iónica



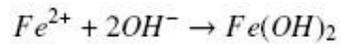
Fuente (<http://hdl.handle.net/10578/984>)

² Morante, G. (2002). Electrocoagulación de aguas residuales. *Revista colombiana de física*, 34(2), 484-487.

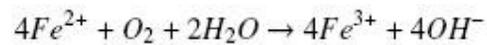
Para ánodo de hierro:



En condiciones alcalinas:

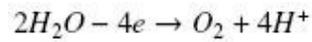


En condiciones acidas:

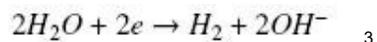


La electrólisis del agua produce oxígeno e hidrógeno de la siguiente forma:

En el ánodo:



En el cátodo es:



Los valores de parámetros electrocinética tales como el potencial zeta van a ser indicativos de la estabilidad de la suspensión coloidal. El potencial zeta como parámetro relacionado con la carga de coloides que refleja la capacidad de estos de absorber iones y moléculas dipolares. En el orden práctico, casi todos los coloides del agua son electronegativos, con valor del potencial zeta comprendido entre -14 y -13 mV. La adición de coagulante lleva a un cambio en la partícula desde negativa a positiva.

³ Piña-Soberanis, M., Martín-Domínguez, A., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Guevara-Lara, A., & García-Espinoza, J. E. (2011). Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(2), 257-271.

Tabla 2 Tratamiento Físico-Químico de Aguas Residuales: Coagulación-Floculación

Valores del potencial zeta	Características de la suspensión
+3 a 0 mV	Aglomeración máxima y precipitación
-1 a -5 mV	Excelente aglomeración y precipitación
-5 a -10 mV	Buena aglomeración y precipitación
-11 a -20 mV	Comienzo de la aglomeración (agregados de 2 a 100 coloides)
-21 a -30 mV	Ligera estabilidad
-31 a -40 mV	Sin agregados. Estabilidad media
-41 a -50 mV	Buena estabilidad
-51 a -60 mV	Estabilidad muy buena
-61 a -80 mV	Excelente estabilidad
-81 mV y en adelante	Estabilidad máxima

Fuente (<http://hdl.handle.net/10578/9896>)

La distribución de iones se puede indicar de forma gráfica en un diagrama de ejes cartesianos.”

Figura 3 Ilustración de la Doble Capa Eléctrica

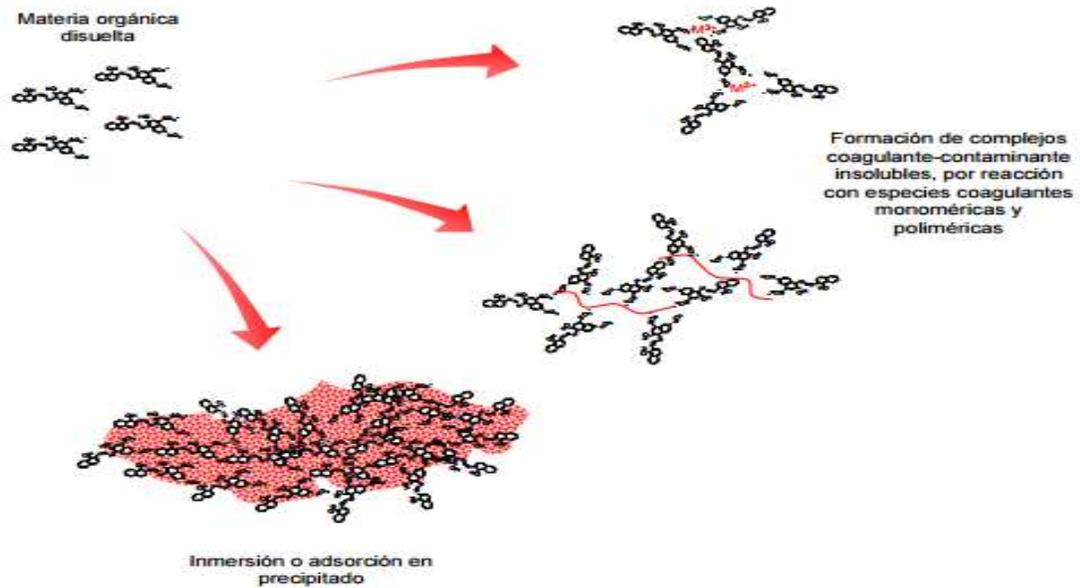


4

Fuente Libro Tratamiento Físico-Químico De Aguas Residuales: Coagulación-Floculación

⁴ Aguilar, M. I. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. EDITUM.

Figura 5 Mecanismo de Desestabilización de Emulsiones.



Fuente <http://hdl.handle.net/10578/984>

2.2. Definición de términos

- **Coagulantes:** sustancia que favorece la separación de una fase insoluble en agua por medio de sedimentación. El coagulante es un compuesto químico que inestabiliza la materia suspendida en forma coloidal, a través de la alteración de la capa iónica cargada eléctricamente que rodea a las partículas coloidales.
- **Cloruros:** son compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación
- **Coloide:** disgregado en un líquido, aparece como disuelto por la extrema pequeñez de sus partículas
- **DBO:** demanda química biológica
- **DQO:** demanda química de oxígeno, es un parámetro que mide la cantidad de dióxigeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida

- **Dureza agua:** es la concentración total de Calcio y Magnesio. No nos da ninguna información sobre el carácter incrustante del agua ya que no sabemos los Bicarbonatos presentes
 - ✓ Agua blanda: 0-50 mg/l
 - ✓ Agua moderadamente blanda: 50-100 mg/l
 - ✓ Agua ligeramente dura: 100-150 mg/l
 - ✓ Agua moderadamente dura: 150-200 mg/l
 - ✓ Agua dura: 200-300 mg/l
 - ✓ Agua muy dura: +300 mg/l
 - ✓ Otras mediciones se basan en lo siguiente:
 - ✓ 1 mg/l = 1 ppm
 - ✓ 1 grado francés = 10 mg/l
 - ✓ 1 grado alemán = 17,8 mg/l
- **Electrodo:** conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito
- **Filtración:** utiliza con frecuencia y método muy robusto para separar los sólidos suspendidos del agua
- **Floculación:** es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas
- **Hierro:** es un metal del grupo de los elementos de transición
- **Iones:** conjunto de átomos que adquiere carga positiva o carga negativa.
- **NTU:** unidad de medición para la turbidez
- **pH:** la cantidad de hidrogeno (el grado de acides de la solución)
- **Polímero anicónico:** líquido viscoso de color blanquecino soluble en agua
- **Ppm:** unidad de medida de concentración
- **Ppp:** es una unidad de medida con la que se mide la concentración
- **Sulfatos:** son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico

- **TDS:** total de solidos disueltos
- **Temperatura:** es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. Toda sustancia en determinado estado de agregación (sólido, líquido o gas), está constituida por moléculas que se encuentran en continuo movimiento.
- **Turbiedad:** La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloides o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en la conducción de agua, equipos de proceso.

CAPITULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Variable

3.1.1. Definición conceptual de las variables

3.1.1.1. Variable Dependiente

VD = La recuperación del efluente

3.1.1.2. Variable Independiente

VI1 = Rompimiento del enlace iónico

VI2 = La separación de sólido

VI3 = El ablandamiento del efluente.

Tabla 3 Cuadro De Indicadores

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores
La recuperación del efluente	Rompimiento del enlace iónico	pH (6.5 – 7.3)
		Sólidos suspendidos <200 mg/L
		demanda biológica de oxígeno (DBO) 800-1200 mg/L
		Temperatura 25° – 33°
		Turbiedad 80 – 100 NTU
	La separación de sólidos	Dureza Total <30ppm
		pH (6.5 – 7.3)
		demanda biológica de oxígeno (DBO) 100-150 mg/L
		Temperatura 20° - 28°
		Turbiedad 20 – 30 NTU
	El ablandamiento del efluente	pH (6.5 – 7.3)
		Sólidos Suspendidos
		BOD < 1
		Dureza Total <4ppm
		Temperatura 15° 20°
Turbiedad 1 – 4 NTU		

Fuente Elaboración Propia

3.1.1.3. Definición Conceptual de las Variables

VD = La recuperación del efluente: El proceso de recuperación del agua de los procesos textiles, donde el 70% es agua pura y el 30% agua contaminada.

VI1 = Rompimiento del enlace iónico: El rompimiento iónico permite separar los sólidos que forman un enlace químico que no es posible separar por medios físicos, el efluente contiene pigmentación de los colorantes y productos químicos que se usa en el proceso de teñido de hilos y telas.

VI2 = La separación de sólidos: El proceso químico que permite agrupar los sólidos utilizando un polímero para formar flóculos, esto permitirá la separación más fácil por medio de flotación.

VI3 = El ablandamiento del efluente: Proceso químico que absorberá las sales que contenga el agua. Para que estas sales no dañen las maquinas que usamos en el proceso de teñido, el equipo a usar es la osmosis inversa.

3.2. Metodología

3.2.1. Tipos De Estudio

El estudio empleado para la investigación del informe es de tipo explicativo.

3.2.2. Diseño De Investigación

El diseño de investigación del informe está basado en un diseño experimental.

3.2.3. Investigación Cualitativa

Requerirá de aplicar el tipo de investigación pues se interpreta, presenta y describe los datos tal cual se recolecta; y así describir las variables del estudio.

Investigación descriptiva, analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permite detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos.

Investigación transversal, todas las variables son medidas en una sola ocasión.

3.2.3.1. Diseño De Investigación

El diseño de la investigación será de tipo no experimental ya que no se manipulará ni se someterá a pruebas las variables de estudio.

Método de investigación

Analítico consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular.

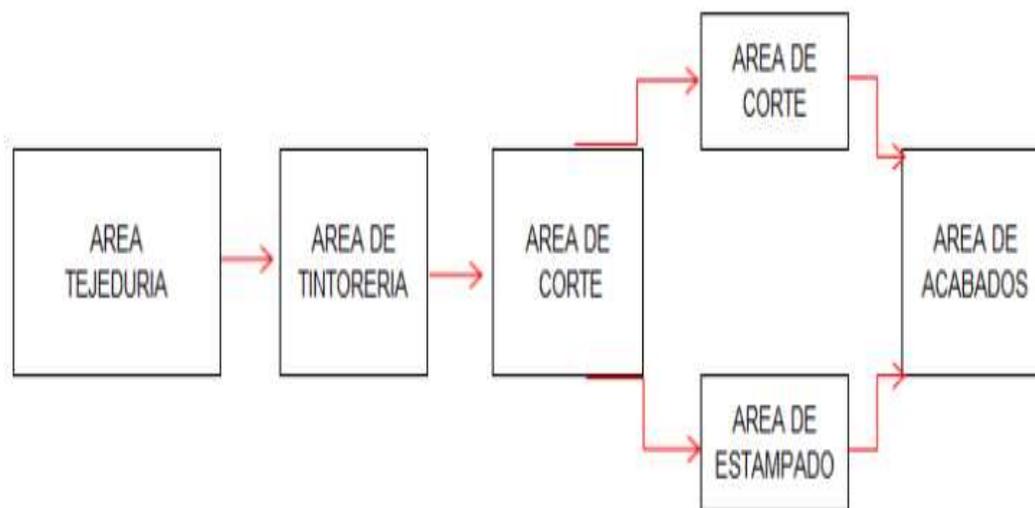
CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

4.1. Análisis situacional de empresa Cotton Knit, SAC

Su actividad de transformación se realiza usando principalmente fibras naturales de origen vegetal como el algodón, así como también fibras artificiales y sintéticas como el poliéster, nylon y dralón. A través de diversos procesos como los de tejeduría, teñido y acabado se logran artículos textiles de alta calidad que son usados para atender las necesidades de vestido y abrigo de las personas. Para lo cual se utilizan en menor escala, fibras de lycra. En cuanto a materia prima, que va a formar parte directamente del proceso, se usan principalmente algodón, filamentos de nylon y poliéster. En la siguiente figura, mostramos el proceso de elaboración, en donde el departamento de mantenimiento brinda soporte a todo el proceso de la confección de la prenda.

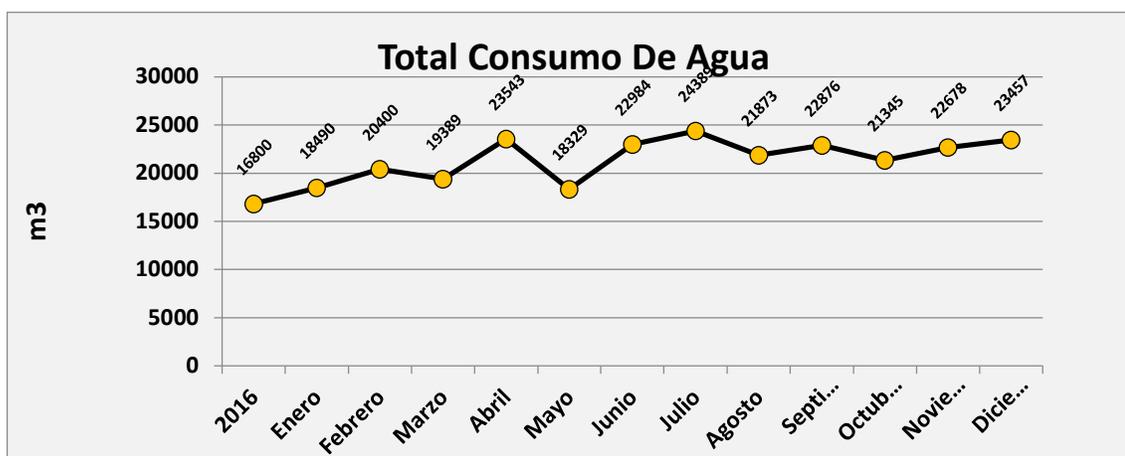
Figura 6 Proceso de Tejido de la Empresa



Fuente Elaboración Propia (Empresa Cotton Knit,SAC)

El siguiente cuadro se observa el consumo del agua en el año 2016

Figura 7 Cuadro de Consumo de Agua en un Año



Fuente Elaboracion Propia (Empresa Cotton Knit, SAC)

El siguiente cuadro podemos apreciar el costo de consumo de agua.

Tabla 4 Cuadro de Costo del Agua en el Año 2016.

Fecha	Consumo M ³	Costo De Agua Industrial M ³	Costo Por Mes
Enero	18 490	S/.10.00	S/ .184 900.00
Febrero	20 400	S/.10.00	S/ .204 000.00
Marzo	19 389	S/.10.00	S/ .193 890.00
Abril	23 543	S/.10.00	S/ .235 430.00
Mayo	18 329	S/.10.00	S/ .183 290.00
Junio	22 984	S/.10.00	S/ .229 840.00
Julio	24 389	S/.10.00	S/ .243 890.00
Agosto	21 873	S/.10.00	S/ .218 730.00
Septiembre	22 876	S/.10.00	S/ .228 760.00
Octubre	21 345	S/.10.00	S/ .213 450.00
Noviembre	22 678	S/.10.00	S/ .226 780.00
Diciembre	23 457	S/.10.00	S/ .234 570.00
	259 753		S/ .2 597 530.00

Fuente Elaboración Propia (Empresa Cotton Knit, SAC)

La misma cantidad de agua que consume la planta en su proceso, se elimina en forma de efluente textil, que contiene gran cantidad de solidos suspendidos.

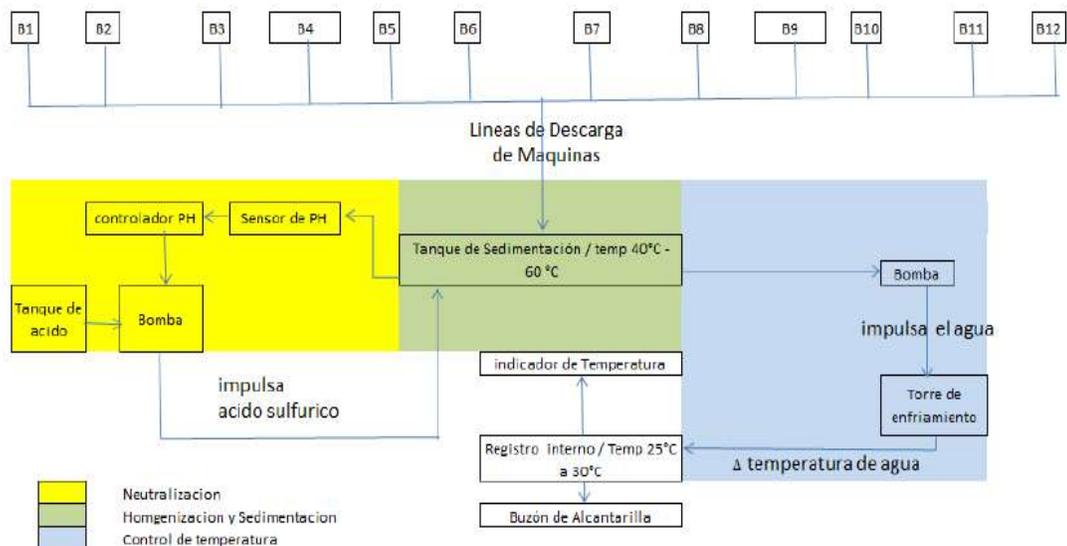
Este cuadro nos permite ver cómo funciona la planta actualmente, cada máquina teñidora descarga su efluente que solo cuenta con un neutralizador de PH y una torre de enfriamiento.

Las siguientes figuras 10 y 11 representa de como actualmente las maquinas teñidoras de telas que se aprecia como B1, B2, B3, etc., y las teñidoras de hilo como benillini 1. Dichas maquinas descargan a una sola poza, el cual es neutralizado el pH con ácido sulfúrico que está controlado sensores el pH.

Para obtener una temperatura ideal del efluente, para eliminar por la alcantarilla debe de estar en un rango de 25 – 30 °C. Para ello usamos la torre de enfriamiento.

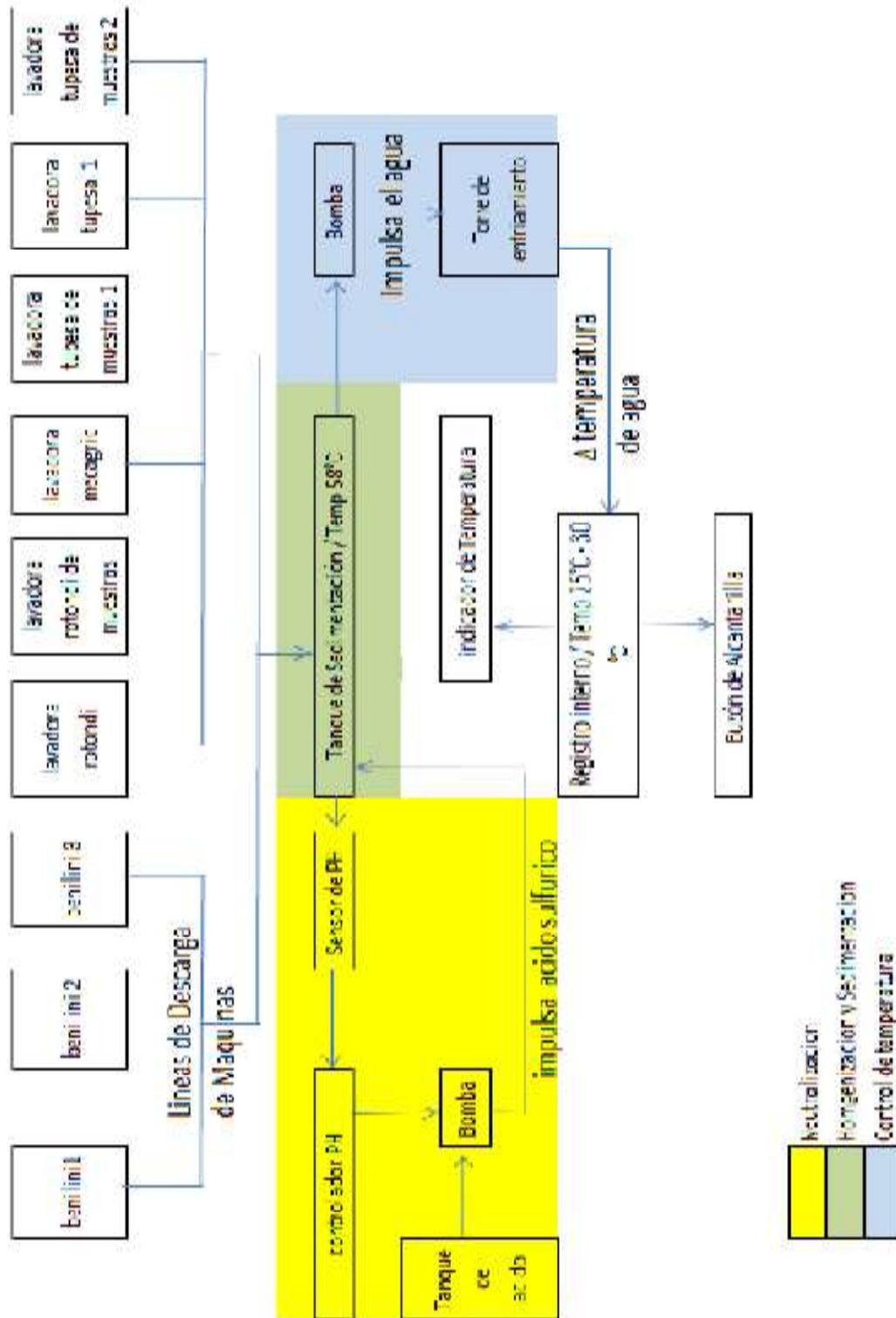
Dicho efluente aprovecharemos para su tratamiento y recuperación.

Figura 8 Descarga de teñidora de tela, el área de producción los nombra como B1 y B2. Línea de descarga de las maquinas teñidoras de hilo y lavandería



Fuente Elaboración Propia (Empresa Cotton Knit, SAC)

Figura 9 Descarga teñidora de hilos que tienen el nombre de Bellini.



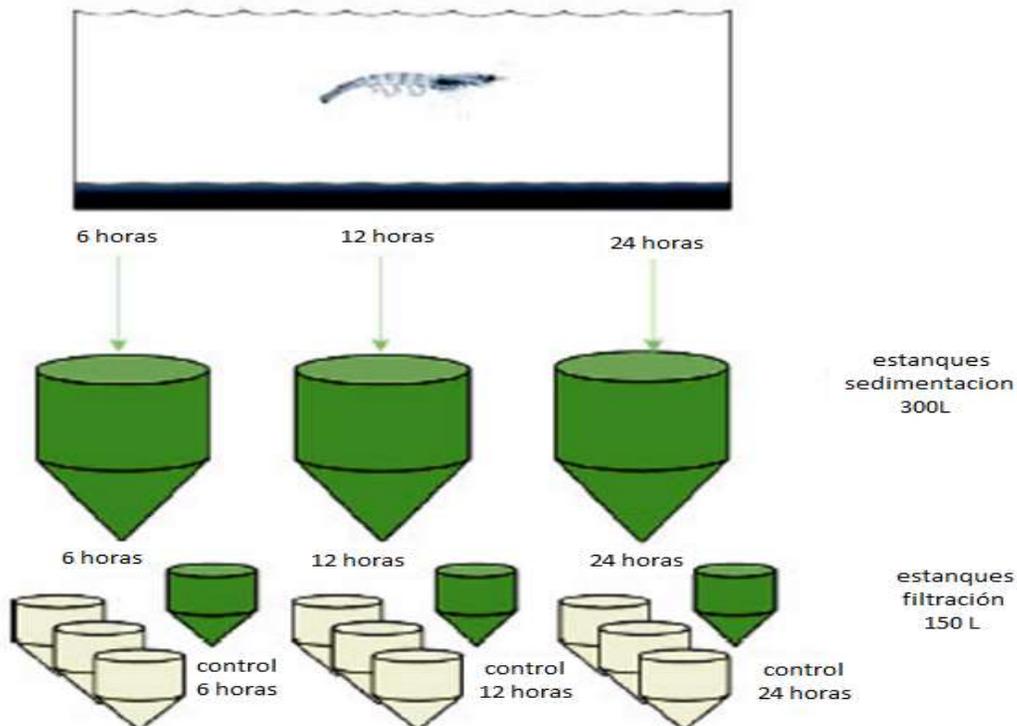
Fuente Elaboración Propia (Empresa Cotton Knit, SAC)

4.2. Alternativa de solución

4.2.1. Tratamiento de Efluente por Biofiltros

Los procesos aeróbicos con biofiltros están constituidos por tres fases: los cuerpos de relleno, el biofilm y el líquido. El DQO y/o el $N-NH_4$ se remueve del líquido por oxidación luego del contacto con el biofilm. El oxígeno es provisto por la aireación de tipo difuso, alimentado al internamente de los tanques donde se almacena el efluente (como alternativa, el oxígeno puede ser disuelto en el líquido entrante, antes de la incorporación del mismo al reactor biológico). Este sistema consiste en alta transferencia de oxígeno al medio fluido con reducidos consumos energéticos. La eficiencia efectiva de la transferencia varía entre el 5 y el 6%, valor comparable con las prestaciones de un sistema de aireación difusa a burbujas finas para la misma profundidad.

Figura 10 Imagen de la disposición de los estanques en el proceso de sedimentación y filtración.



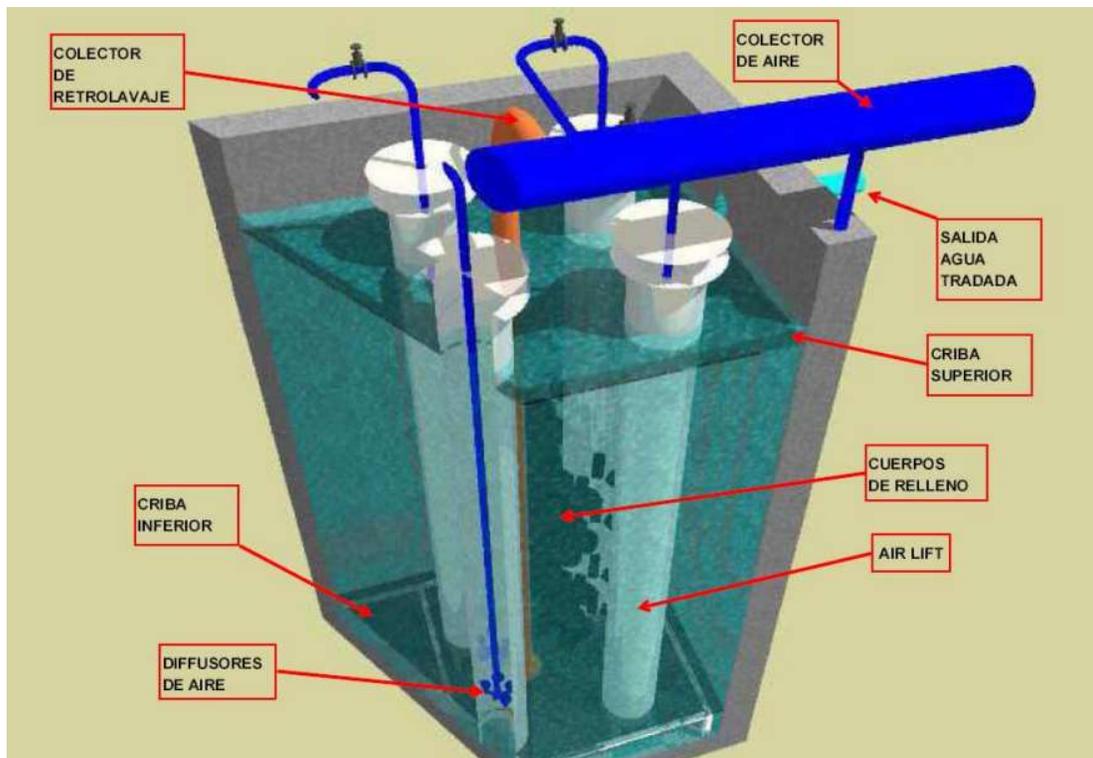
Fuente (Ramos, 2008)

Tabla 5 Valores promedio de los parámetros físicos químicos de la calidad del agua en el proceso de sedimentación y filtración

Tratamientos	Temperatura (° C)	Unidades de Salinidad (‰)	Oxígeno disuelto (mg O ₂ ·L ⁻¹)	pH
Efluente bruto	21,7 ± 0,1	18,5 ± 0,0	4,3 ± 0,1	7,6 ± 0,0
Sedimentación 6 h	21,9 ± 0,6	18,6 ± 0,0	5,1 ± 0,1	8,2 ± 0,0
Sedimentación 12 h	21,5 ± 0,0	18,0 ± 0,0	5,2 ± 0,1	8,5 ± 0,1
Sedimentación 24 h	21,3 ± 0,1	17,5 ± 0,0	3,8 ± 0,2	7,6 ± 0,0
Filtración 6 h	19,9 ± 0,1	19,0 ± 0,0	5,6 ± 0,3	8,9 ± 0,4
Control 6 h filtración	21,9 ± 0,6	18,7 ± 0,0	6,5 ± 0,0	8,2 ± 0,1
Filtración 12 h	19,6 ± 0,1	19,0 ± 0,0	5,7 ± 0,2	8,8 ± 8,1
Control 12 h filtración	21,9 ± 0,1	17,6 ± 0,1	5,0 ± 0,2	8,0 ± 0,1
Filtración 24 h	22,1 ± 0,1	18,4 ± 0,0	5,1 ± 0,2	8,2 ± 0,1
Control 24 h filtración	21,9 ± 0,1	17,6 ± 0,1	5,4 ± 0,1	8,2 ± 0,2

Fuente (Ramos, 2008)

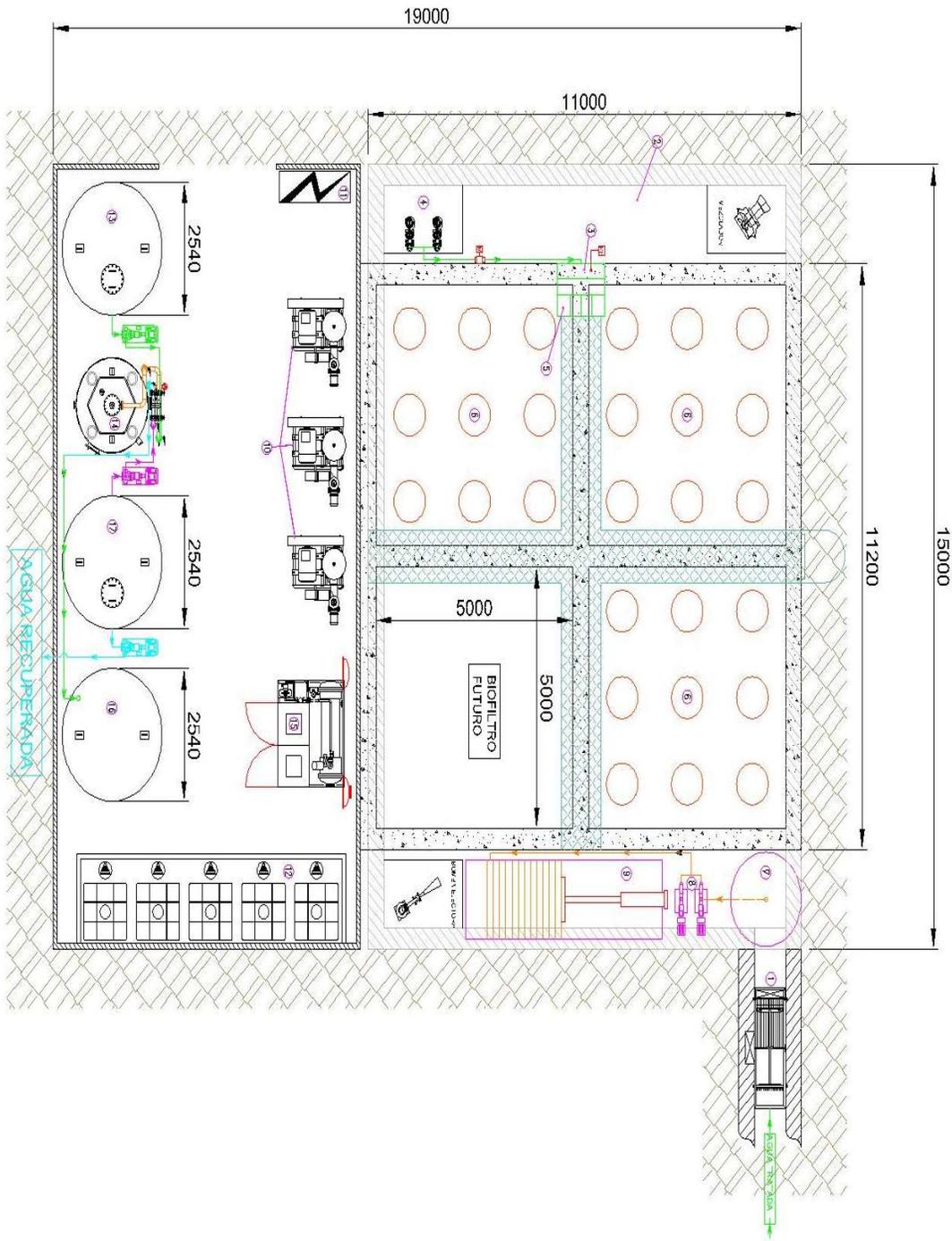
Figura 11 Sección Del Biofiltro.



Fuente Idrosistem

El área requerida para desarrollar el trabajo 285 m²

Figura 12 Áreas Que Ocupa La Planta De Tratamiento.



Fuente Idrosistem.

4.2.2. Tratamiento Físico - Químico por DAF (Dissolved Air Flotation) DAF

(Dissolved Air Flotación)

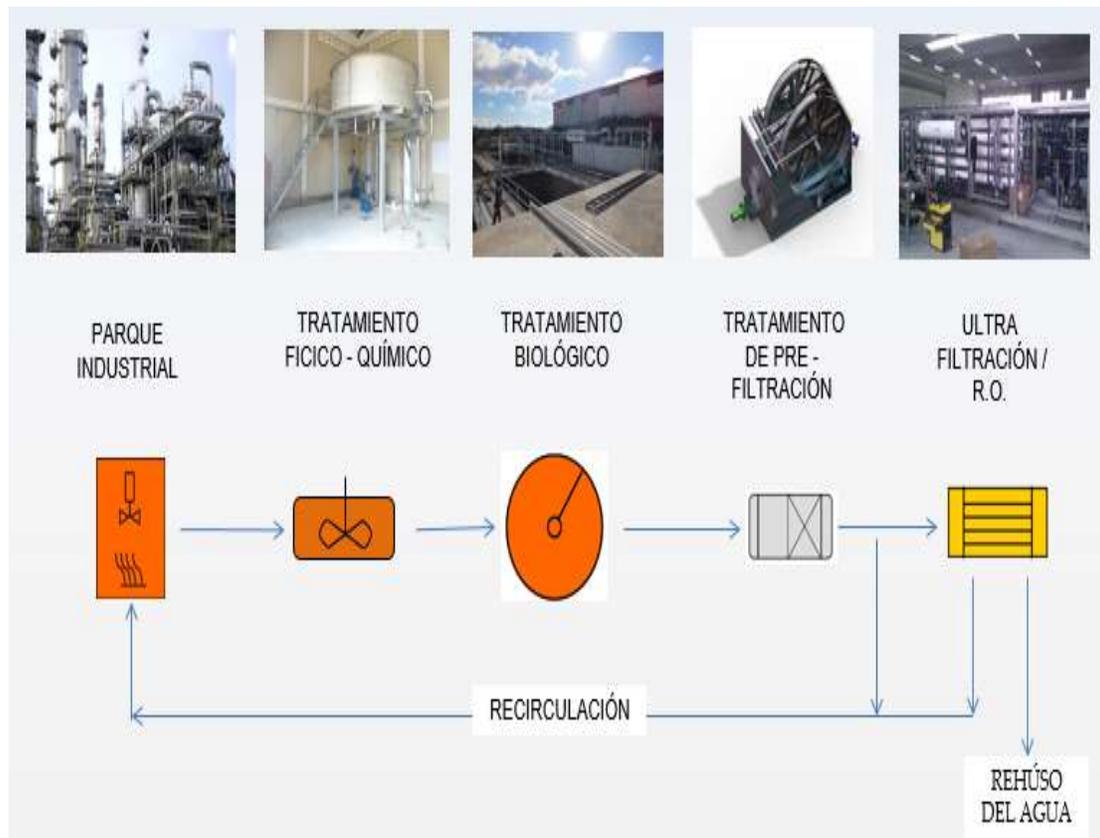
El tratamiento permite la remoción de los sólidos suspendidos y la parte de la carga orgánica suspendida en el agua residual.

Se realiza una óptima mezcla de agua y micro burbujas de aire indispensable para la flotación de las sustancias suspendidas.

El sistema Air Saturation Reactor de diseño particular de doble cámara permite la apropiada separación de sólidos.

Área requerida de trabajo 350 m².

Figura 13 Diagrama Completo de Intervención desde la Descarga hasta la Reutilización.



Fuente Empresa Ficit.

Figura 14 Flotación por Aire Disuelto.



Fuente Empresa Ficit

Figura 15 Tratamiento Biológico – Sedimentación.



Fuente Empresa Ficit

Procesos de lecho móvil Biofilm Reactor (MBBR) mejoran la fiabilidad, simplifican la operación, y requieren menos espacio que los sistemas de tratamiento de aguas residuales tradicionales.

Figura 16 Depuración Biológica Se Forma Naturalmente.

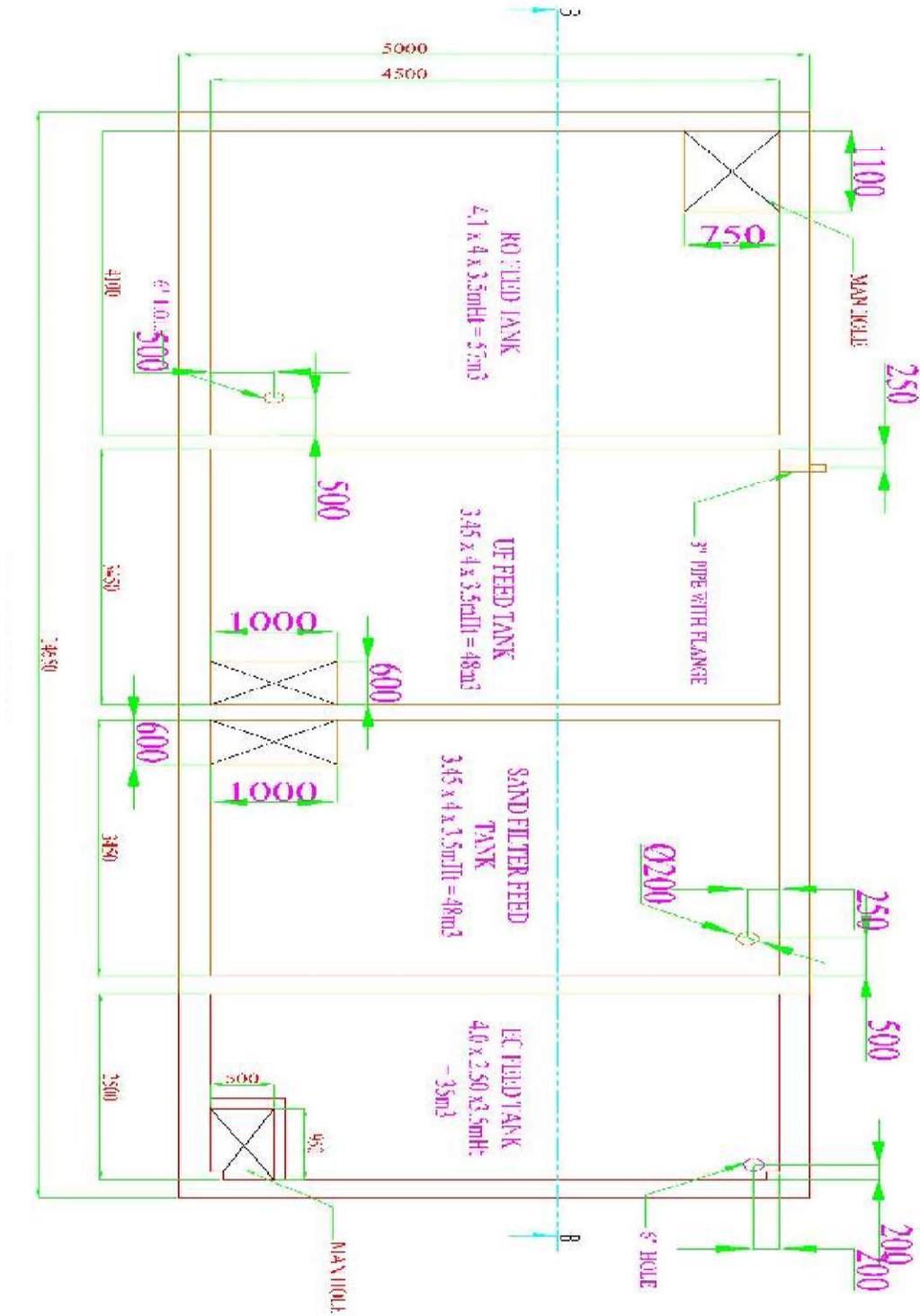


Fuente Empresa Ficit

4.2.3. Sistema Electrocoagulación

Electro-coagulación es la última tecnología utilizada en el tratamiento de aguas residuales. Esta tecnología se utiliza con éxito en el tratamiento de aguas residuales, el lavado de la nave. Sistema de electro-coagulación se basa en los siguientes principios científicos. Electro-coagulación (EC), el paso de corriente eléctrica a través del agua, ha resultado ser muy eficaz en la eliminación de contaminantes del agua. Sistemas Electro-coagulación existe desde hace muchos años usando una variedad de geometrías anódica y catódica.

Figura 17 Área De Trabajo De Los Tanque De Electrocoagulación.



Fuente Confident Engineering

4.3. Elección del Tratamiento Adecuado

Se realiza el siguiente cuadro comparativo para determinar la mejor solución al problema planteado.

Tabla 6 Cuadro Comparativo de Proceso

Procesos	Tipo de Proceso	Área M²	Costo De Planta
Electrocoagulación	Continuo	100	Moderada
Físico - Químico por DAF	Pausado	350	Alto
Biofiltros	Pausado	285	Alto

Fuente Elaboración Propia a partir de Información Consultado

- ✓ Los procesos Físico - Químico por DAF y Biofiltros requieren una gran área de trabajo para empezar a tratar el efluente, los procesos tratamiento son muy lentos. En los otros procesos al ocupar gran cantidad de área la empresa perdería esas áreas para aprovechar en otro proceso productivo
- ✓ Al contrario de la planta de electrocoagulación es un sistema continuo, su área de trabajo es muy reducido y se amolda a lo que requiere la empresa.

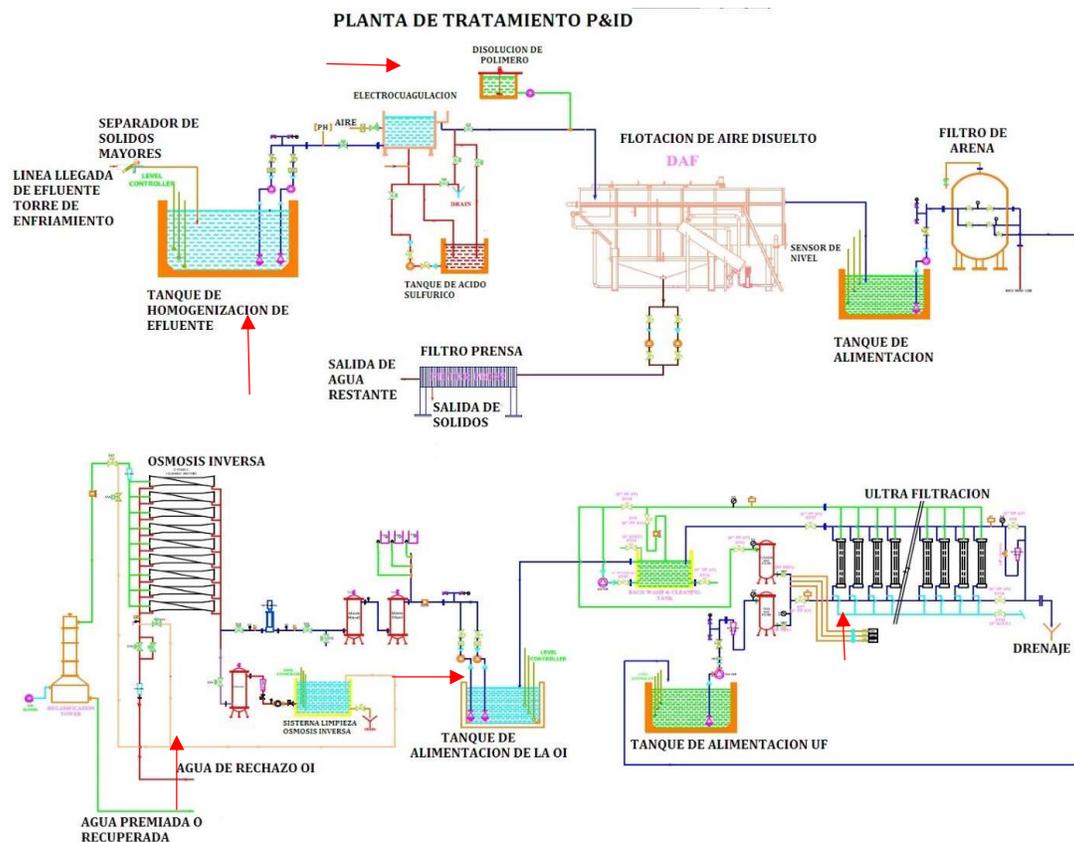
4.3.1. Solución del Problema

De ellos se eligió el tratamiento por electrocoagulación debido a su proceso es más eficiente, no ocupa tanta área de trabajo, la planta es automatizado solo requiere un personal de turno para analizar los procesos de la planta de tratamiento.

El sistema de reciclaje será capaz de tratar 600m³/día de agua tratada de la Planta de Tratamiento del efluente. El ciclo de funcionamiento de la planta será de 20 horas y el caudal del flujo de alimentación de la planta será de 30m³ / h. La planta será capaz de recuperar del 70%. El caudal de flujo permeado será 420 m³/día (21m³/hora). La tasa de flujo de rechazo será 180m³/ día (9m³/hora).

Los procesos para el Tratamiento del Efluente son:

Figura 18 P&ID de la Planta de Tratamiento de Efluente Textil.



Fuente: Confident Engineering (En El Anexo 3 Se Tendrá Un Plano En A3)

4.3.1.1. Plan de Tratamiento

- ✓ Proyección barra motorizada Torre de Enfriamiento (Existente)
- ✓ Tanque de homogeneización (Existente)
- ✓ Sistema de corrección de PH (Existente)

4.3.1.2. Tratamiento Secundario

- ✓ Bomba de alimentación EC
- ✓ Proceso de electro-coagulación
- ✓ Sistema de la dosificación de polímero
- ✓ Sistema de limpieza EC
- ✓ Clarificador de flotación de aire disuelto.
- ✓ Bomba de alimentación de filtro de arena
- ✓ Filtro de presión de arena con MnO₂

4.3.1.3. Manejo de Lodos

- ✓ Bomba de alimentación de lodos
- ✓ Prensa de filtro

4.3.1.4. Filtración Ultra - Pre Tratamiento de las Plantas de Osmosis

Inversa

- ✓ Filtro de medio dual
- ✓ Filtro de bolsa
- ✓ Filtración Ultra
- ✓ sistema de limpieza de filtración ultra y sistema de retro lavado UF

4.3.1.5. Planta de Reciclaje de Efluente - Etapa I

- ✓ Traslado a los Filtros de cartuchos

- ✓ Sistema de dosificación de ácido
- ✓ Sistema de Dosificación anti incrustantes
- ✓ Sistema dosificación Anti oxidante
- ✓ Filtración de Cartucho
- ✓ Bombeo de alta presión
- ✓ Etapa I ósmosis inversa
- ✓ Sistema de limpieza de osmosis inversa

4.3.1.6. Descripción del Proceso para el Procesamiento Efluente de Tintura de Textiles

Sólidos Suspendido Detección barra

En la tintorería el proceso de teñido pasa por una serie de procesos de producción en la cual se desprende restos de algodón en forma de pelusa, pedazo de tela, etc. Todo ello llega a la poza de acumulación primaria, este efluente al ser bombeado a la planta de tratamiento pasara por la detección barra, se quedan los sólidos mayores. Se reduce el BOD, COD insoluble, y sólidos suspendidos del efluente crudo. Objetos sólidos no biodegradables se eliminan de aguas residuales. Estas detecciones son generalmente comprimidas y enviados a un vertedero.

Uso Principal de Detección Barra

- ✓ Para eliminar los sólidos suspendidos
- ✓ Para evitar el encubrimiento de la bomba
- ✓ Para reducir la cantidad de lodos en la prensa de filtro
- ✓ Para reducir la corriente de cortocircuito en Electro-coagulación sistema Para evitar el encubrimiento de sólidos en el sistema de distribución de aire en el tanque de eculización Para aumentar el volumen de aire en el tanque de igualación.

4.3.2. Recursos Requeridos

El principal material, equipos a usar para que el proyecto funcione en la planta de tratamiento de efluente textil.

Para ello se requiere un tanque para la electrocoagulación de dimensiones 2 x 1.2 x 0.8 metros. Para poder trabajar a un caudal de 30 m³/h, trabajando 20 horas al día, estará tratando 600 m³ de efluente al día.

La celda contara de 150 placas de 4.5x 600 x 600 mm de acero A36 que trabajaran como electrodos en el electro esto tendrá un consumo periódico durante el transcurso del rompimiento iónico, tendrá que entregar partículas de hierro al efluente de esta manera clarificar el agua.

Para llevar a la planta de tratamiento aprovecharemos lo existente tenemos la torre de enfriamiento de 4 compartimientos sobre dimensionado para su trabajo.

Usaremos la altura para llevar el efluente por gravedad a la planta llevarlo a la poza de homogenización.

La ubicación de la planta de tratamiento en la empresa Cotton knit seria en la zona achurada que se cuenta con un área de 121 m² para poder usar en el proyecto, ya que esta zona solo se usa solo para contenedores de basura y estacionamiento de motocicletas.

Por los tipos de equipos a usar en una planta de tratamiento se tendrá que diseñar una estructura capaz de soportar todos los equipos que contenga la planta de tratamiento, al contar con un espacio reducido para trabajar.

Primera etapa excavación para los 4 tanques donde se almacenaría el agua que va circulando cuando de este desarrollando el tratamiento, dichos tanques serán de dimensiones 4.5 m ancho x4.0 m largo x 3.8 m profundidad.

En el primer nivel instalaríamos los equipos el DAF (figura 22) ocupa un volumen de 2m de ancho x 4m largo x 4m alto, el filtro de arena ocupa un volumen de 2m de diámetro x 3.5m de alto, el filtro prensa que ocupa un volumen de 1.2m ancho 2.4m largo 1.5m de alto.

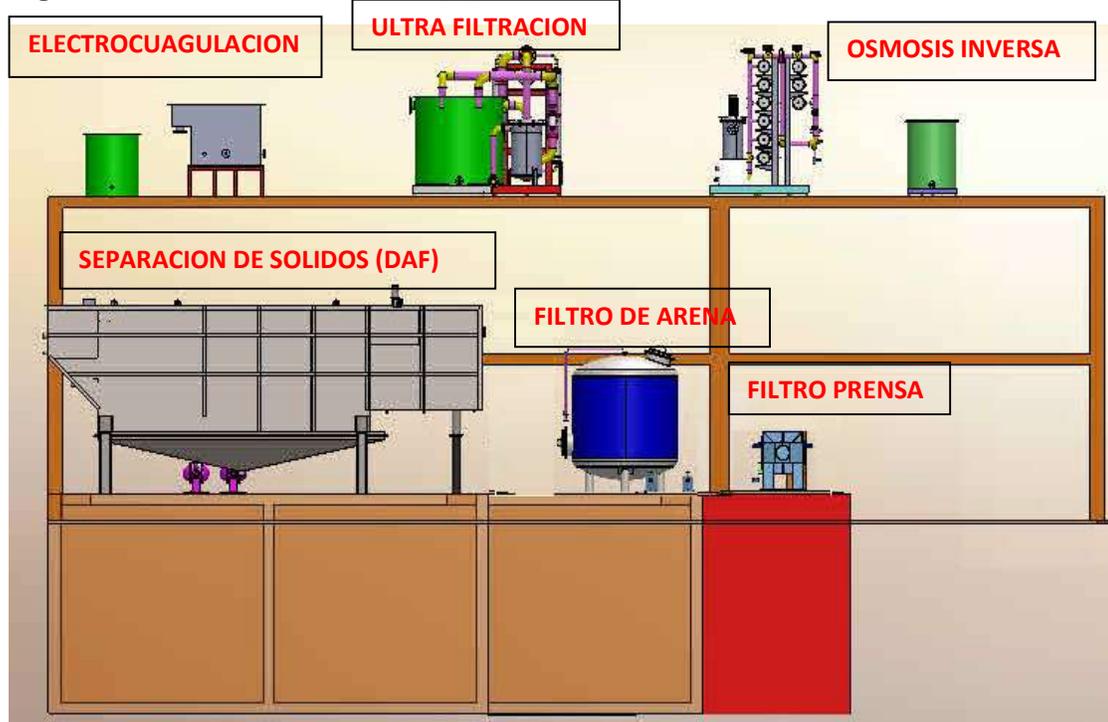
Segunda etapa estructura metálica las columnas y vigas en la división de niveles usaremos placa colaborante.

Figura 19 Parte del plano de empresa Cotton Knit, SAC.



Fuente Cotton Knit, SAC. (Que lo podrán ver en mayor dimensión en el Anexo 2.)

Figura 20 Ubicaciones de los Equipos a usar en la Planta de Tratamiento.



Fuente Elaboración propia a partir de información consultada.

4.3.2.1. Memoria de cálculo de la estructura de la planta de tratamiento

Se hizo el pre dimensionamiento de columna y vigas respetando las luces entre columnas para evitar la deformación de las vigas principales.

Para elegir el material se hizo metrado de cargas de un paño crítico utilizando el programa de sap2000 y calculo manual.

Características De Los Materiales

Acero En Perfiles

Acero en perfiles Designación	S 275 JR
Límite Elástico (N-mm ²).....	275
Hormigón armado	
Resistencia Característica a los 28 días:.....	fck =30 (N-mm ²)
Tipo de cemento (RC-03):	CEM I/32.5 N
Cantidad máxima/mínima de cemento (kp/m ³):	400/300
Tamaño máximo del árido (mm):	20
Tipo de ambiente (agresividad):.....	Ila
Consistencia del hormigón: Blanda Asiento Cono de Abrams (cm):.....	6 a 9
Sistema de compactación:	Vibrado
Nivel de Control Previsto: Estadístico Coeficiente de Minoración:.....	1,5
Resistencia de cálculo del hormigón: fcd (N-mm ²)=.....	20
Designación:	B-500-S
Límite Elástico (N-mm ²):	500

Nivel de Control Previsto: Normal Coeficiente de Minoración:1,15

Resistencia de cálculo del acero (barras): f_{yd} (N-mm²)= 435

Acero En Mallazos

Designación:B-500-S

Límite Elástico (N-mm²):500

FORJADO CHAPA COLABORANTE

Permanentes

Variables

Peso propio = 2.5 kN-m²

Sobrecarga de uso = 4 Kn-m²

Solado = 1kN-m²

Falso techo + Instalaciones = 0.5 kN-m²

Total Permanentes = 4 kN-m²

Combinación de acciones:

$$q = 1.35 \times 4 + 1.5 \times 4 = 11.4 \text{ kN-m}^2$$

Losa Aligerada In Situ (Cubierta)

Permanentes

Variables

Peso propio = 7 kN-m²

Sobrecarga de uso = 1 kN-m²

Cubierta = 2 kN-m²

Nieve = 0.9 kN-m²

Falso techo + Instalaciones = 0.5 kN-m²

Total Permanentes = 9.5 kN-m²

Combinación de acciones (con sobrecarga de uso como variable principal):

$$q = 1.35 \times 9.5 + 1.5 \times 1 + 1.5 (0.5 \times 0.9) = 15 \text{ kN-m}^2.$$

FORJADO CHAPA COLABORANTE

Hacemos una estimación de su canto según la luz máxima entre correas, siguiendo la siguiente fórmula: $H = L / [23-27]$, en nuestro caso, $H = 3.45 / 25 = 0.14\text{m}$, pero pondremos

25cm en lugar de 14cm para mejorar el comportamiento del forjado frente a vibraciones y flechas.

CORREAS

Las correas generales están dispuestas a 3450mm – 3000mm – 3325mm – 3125mm, cubriendo una luz de 7300mm. Pre dimensionamos cogiendo la de mayor ámbito, es decir:

$$\text{Ámbito} = 3.3\text{m}$$

$$L = 7.3\text{m}$$

$$q = 3.3\text{m} \times 11.4 \text{ kN-m}^2 = 37.62 \text{ kN-m}$$

$$M_d = qL^2/8$$

$$M_d = \frac{37.62 \cdot 7.1^2}{8} = 237.05 \text{ kNm}$$

$$W \geq \frac{M_d}{f_d}$$

$$W \geq \frac{1.5 \cdot 250.59 \cdot 10^6}{\frac{275}{1.05}} = 1\,435\,197 \text{ mm}^3$$

Prontuario

$$\text{IPE 450 } (W=1500 \cdot 10^3 \text{ mm}^3, I= 337 \times 10^6 \text{ mm}^4)$$

$$\text{IPE 450 } (W = 1500 * 10^3 \text{ mm}^3, I = 337 \times 10^6 \text{ mm}^4)$$

Comprobación A Deformación (Cargas Sin Mayorar):

Se comprueba que la flecha de las correas no supera la admisible.

Se considera $f_{adm} = L/400$.

$$q \text{ forjado chapa colaborante} = (4 \text{ kN-m}^2 + 4 \text{ kN/m}^2) \times 3,2\text{m} = 25.6 \text{ kN-m}$$

$$f_{\max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 25.6 \cdot 7300^4}{384 \cdot 210000 \cdot 337 \cdot 10^6} = 13.38 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = \frac{7300}{400} = 18.25 \text{ mm} \geq 17.58, \text{ por tanto IPE es valido}$$

Correas Pasarela Planta Primera:

Calculamos a parte estas correas porque cubren una luz mayor al estar en la zona que vuelca al hall, donde los pilares están a una distancia de 7,1m.

$$\text{Ámbito} = 3.3\text{m}$$

$$L = 7.1\text{m}$$

$$q = 3.3\text{m} \times 11.4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 = 36.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_d = ql^2/8$$

$$M_d = \frac{36.48 \cdot 7.1^2}{8} = 229.86 \text{ kNm}$$

$$W \geq \frac{M_d}{f_d}$$

$$W \geq \frac{1.5 \cdot 229.86 \cdot 10^6}{\frac{275}{1.05}} = 1\,316\,470 \text{ mm}^3$$

Dispondremos una pareja de perfiles para así dejar al exterior un perfil IPE 450 siguiendo la disposición de las correas en el perímetro, y en el interior pondremos otro perfil alveolado obtenido de IPE600 con lo que tendremos una W e I suficientes para cumplir a resistencia y deformación.

$$\text{IPE 450 (} W=1500 \cdot 10^3 \text{mm}^3, I= 337 \times 10^6 \text{mm}^4 \text{)}$$

$$\text{Perfil alveolado obtenido de IPE 600 (} W=4134 \cdot 10^3 \text{mm}^3, I= 1653 \cdot 10^6 \text{mm}^4 \text{)}$$

$$\text{Total: } W= 5634 \cdot 10^3 \text{mm}^3, I= 1990 \times 10^6 \text{mm}^4$$

Comprobación A Deformación (Cargas Sin Mayorar):

Se comprueba que la flecha de las correas no supera la admisible.

Se considera $f_{adm} = L/400$.

$$q \text{ forjado chapa colaborante} = (4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2 + 4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2) \times 3.2\text{m} = 25.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$f_{\max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 25.6 \cdot 7100^4}{384 \cdot 210000 \cdot 337 \cdot 10^6} = 11.96$$

$$f_{\max} = \frac{7100}{400} = 17.75 \text{ mm} \geq 17.58, \text{ por tanto IPE es valido}$$

Disponemos vigas alveolares para salvar las luces de 12.9m entre columnas. A estas vigas acometen las vigas de amarre sobre las que va el forjado de chapa colaborante.

Donde acometen las vigas de amarre y en los extremos donde acaba la viga en las columnas los alveolos son capaces de resistir bien a las fuerzas de cortante.

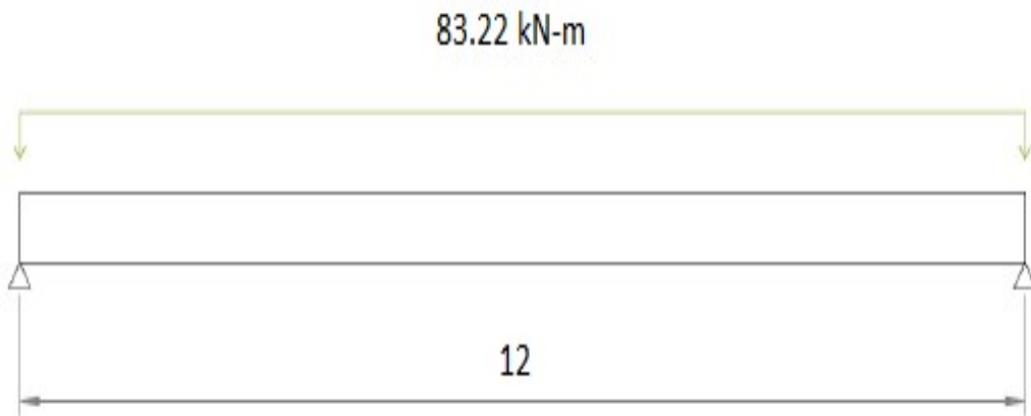
Acero S355

$$\text{Ámbito} = 7.3\text{m}$$

$$L = 12\text{m}$$

$$q = 7.3\text{m} \times 11.4 \text{ kN-m}^2 = 83.22 \text{ kN-m}$$

Figura 21 Distribución de Carga de Viga



Fuente Elaboración Propia para observar la Línea de Carga

$$M_d = ql^2/8$$

$$M_d = ql^2/8$$

$$M_d = \frac{83.22 \cdot 12^2}{8} = 1497.97 \text{ kNm}$$

$$W \geq \frac{M_d}{f_d}$$

$$W \geq \frac{1.5 \cdot 1497.97 \cdot 10^6}{\frac{355}{1.05}} = 6\,645\,923 \text{ mm}^3$$

Perfil alveolado obtenido de HEB 550 ($W=6900 \times 10^3 \text{ mm}^3$, $I=2590 \times 10^6 \text{ mm}^4$, $H=750 \text{ mm}$)

Comprobación a deformación (cargas sin mayorar):

Se comprueba que la flecha de las vigas no supera la admisible.

Según lo expuesto en el apartado 4.7 (LÍMITES DE DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA) como valor admisible

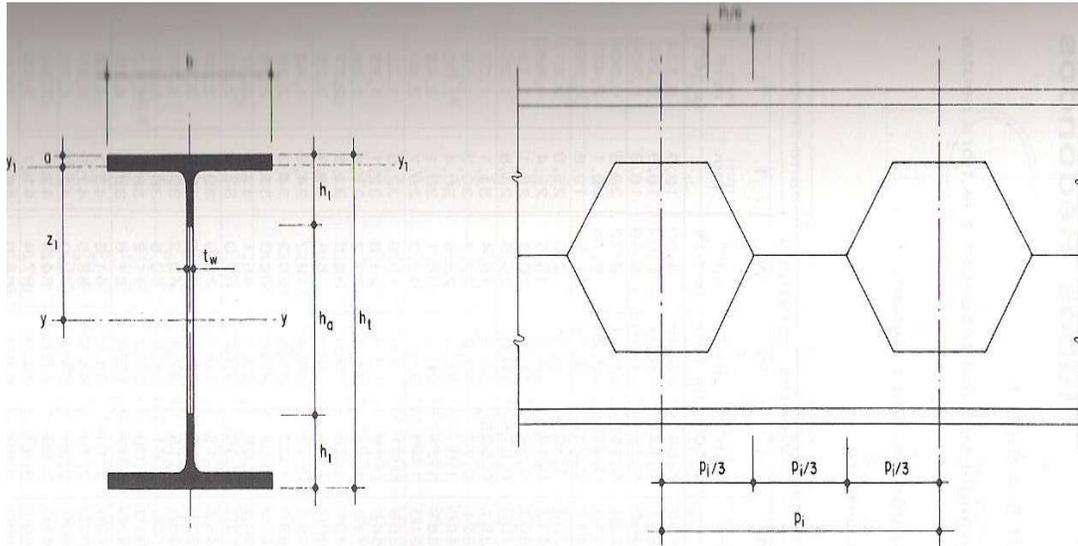
Se considera $f_{adm} = L/400$.

q forjado chapa colaborante = $(8 \text{ kN/m}^2 \times 7.3 \text{ m} = 58.4 \text{ kN-m})$

$$f_{\max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 58.4 \cdot 12000^4}{384 \cdot 210000 \cdot 3110 \cdot 10^6} = 24.14 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = \frac{12000}{400} = 30 \text{ mm} \geq 24.14 \text{ mm} , \text{ por lo tanto, el perfil alveolado obtenido de HEB 550.}$$

Tabla 7 Perfil del Acero en Viga H, Perfiles del Acero.



HEB	Dimensiones						Posición de los ejes		Valores estáticos					m	p
	h _c	b	t _w	h ₁	h _a	p ₁	a	z ₁	A ₁	I _y	W _y	I ₁	W ₁		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ⁴ (x 10 ⁶)	mm ³ (x 10 ³)	mm ⁴ (x 10 ⁶)	mm ³ (x 10 ³)		
140	210	140	7	35	140	250	7,51	97,5	1840	35,1	334	0,052	1,89	33,7	0,337
160	230	160	8	45	140	250	8,95	106	2340	52,6	457	0,137	3,79	42,6	0,426
180	260	180	8,5	50	160	250	9,70	120	2830	82,8	637	0,203	5,05	51,2	0,512
200	280	200	9	60	160	360	11,0	129	3400	114	815	0,388	7,93	61,3	0,613
220	320	220	9,5	60	200	360	11,2	149	3940	175	1092	0,403	8,26	71,5	0,715
240	320	240	10	80	160	414	13,8	146	4710	203	1269	1,07	16,1	83,2	0,832
260	360	260	10	80	200	414	13,6	166	5170	287	1594	1,08	16,2	93,0	0,930
280	400	280	10,5	80	240	414	13,6	186	5690	397	1985	1,13	17,1	103	1,03
300	420	300	11	90	240	504	14,9	195	6480	498	2372	1,71	22,8	117	1,17
320	460	300	11,5	90	280	504	14,9	215	6950	648	2820	1,77	24,2	127	1,27
340	500	300	12	90	320	504	15,8	234	7270	805	3220	1,80	24,2	134	1,34
360	500	300	12,5	110	320	630	18,9	231	7840	840	3360	3,54	38,9	142	1,42
400	580	300	13,5	110	360	630	19,6	270	8360	1230	4241	3,73	41,3	155	1,55
450	650	300	14	125	400	630	22,4	303	9180	1693	5209	5,72	55,7	171	1,71
500	700	300	14,5	150	400	837	27,0	323	10200	2143	6122	10,43	84,8	187	1,87
550	750	300	15	175	400	837	32,2	343	10900	2590	6900	17,26	121	199	1,99
600	800	300	15,5	200	400	837	37,6	362	11600	3110	7775	26,74	164	212	2,12

Notas: A₁: Área de la semisección del aligeramiento máximo.

I_y: Momento de inercia del perfil completo.

I_{y1}: Momento de inercia de la semisección del aligeramiento máximo.

Fuente Elaboración Propia, a partir de la información consultada.

La planta de tratamiento tendrá una eliminación del agua en diferente proceso del tratamiento. El filtro de arena tendrá un rechazo de 15% del agua que se está tratando, la ultra filtración tendrá un rechazo de 10% y un 5% de rechazo en la osmosis inversa. Esto se da cuando de un electro lavado de las gravas de arena, los cartuchos de membrana de la ultra filtración como de la osmosis inversa.

De esta manera solo tendremos como agua premiada de un 70% del total de la producción. Se emplea el software SAP2000 ya que es un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF), cuenta con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

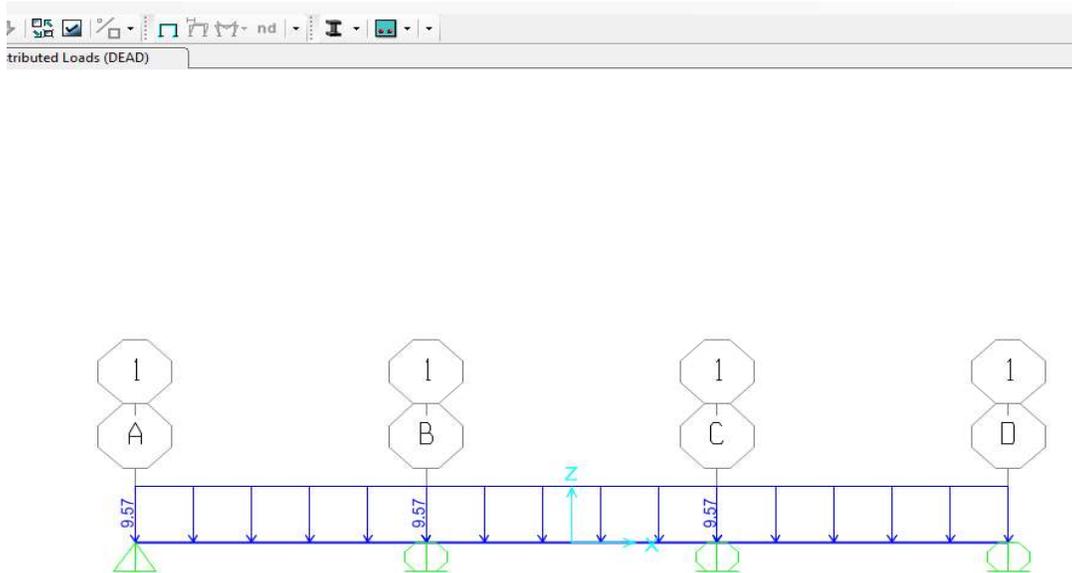
Nos permite realizar las siguientes actividades:

- ✓ Análisis lineal
- ✓ Análisis dinámico por espectros de respuesta
- ✓ Cargas Móviles
- ✓ Análisis en el dominio de la frecuencia
- ✓ Elementos de barra, shell (cáscara) y sólido
- ✓ Dimensionamiento de hormigón, verificación de estructuras metálicas y dimensionamiento de armadura para elementos Shell
- ✓ Módulo de pretensado, totalmente integrado, para introducción de los cables de pretensado conectados a todo tipo de elemento y cálculo automático de pérdidas instantáneas
- ✓ Posibilidad de considerar los efectos geoméricamente no lineales de PDelta (Es un análisis no lineal que toma en cuenta la deformación inicial de una estructura al someterla a las cargas consideradas. Al sufrir deformaciones, las fuerzas originales actuando sobre la estructura deformada genera excentricidades y por lo tanto momentos y torsiones adicionales) en cargas estáticas y dinámicas

- ✓ Generación automática de mallas de elementos finitos, con elementos de 4 nudos

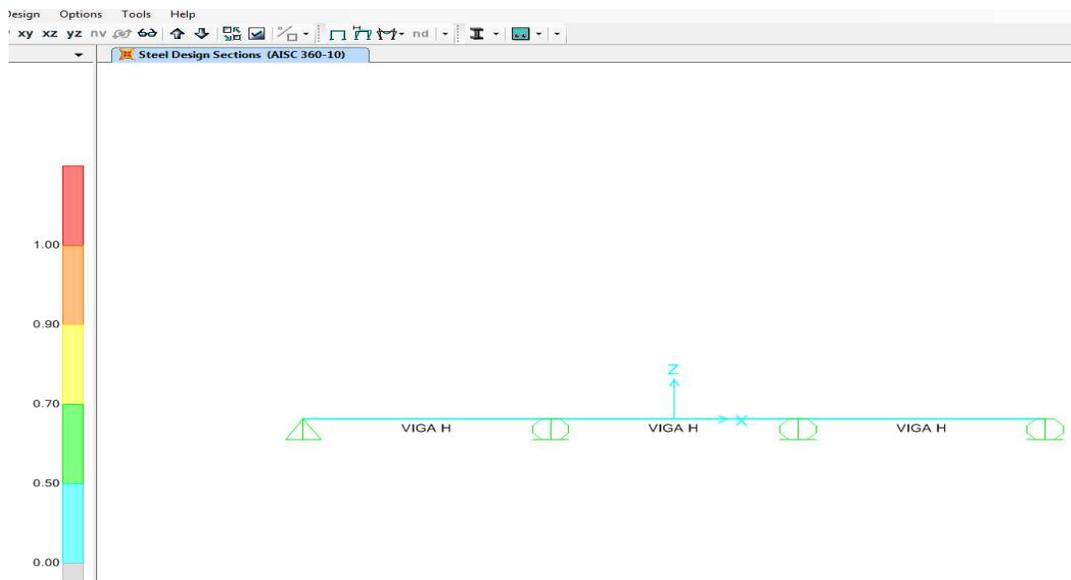
4.3.2.2. Diagrama de Viga con Carga Uniformemente Distribuida

Figura 22 Distribuciones de Cargas de Diseño.



Fuente Elaboración Propia a partir Programa SAP.

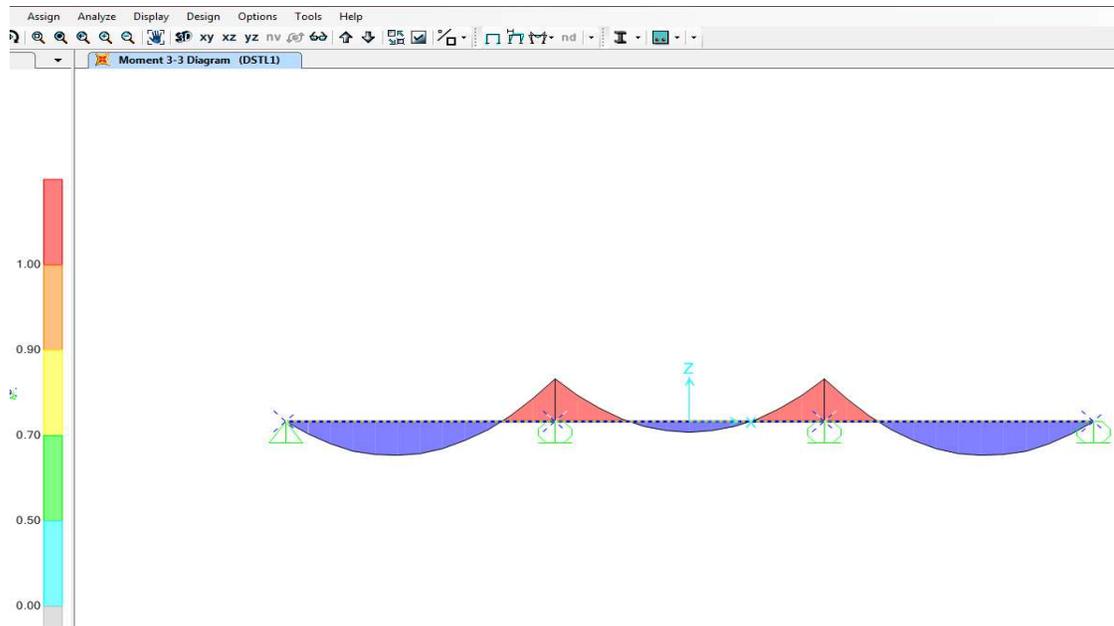
Figura 23 Visualizaciones de las Vigas



Fuente Elaboración Propia, a partir Programa SAP.

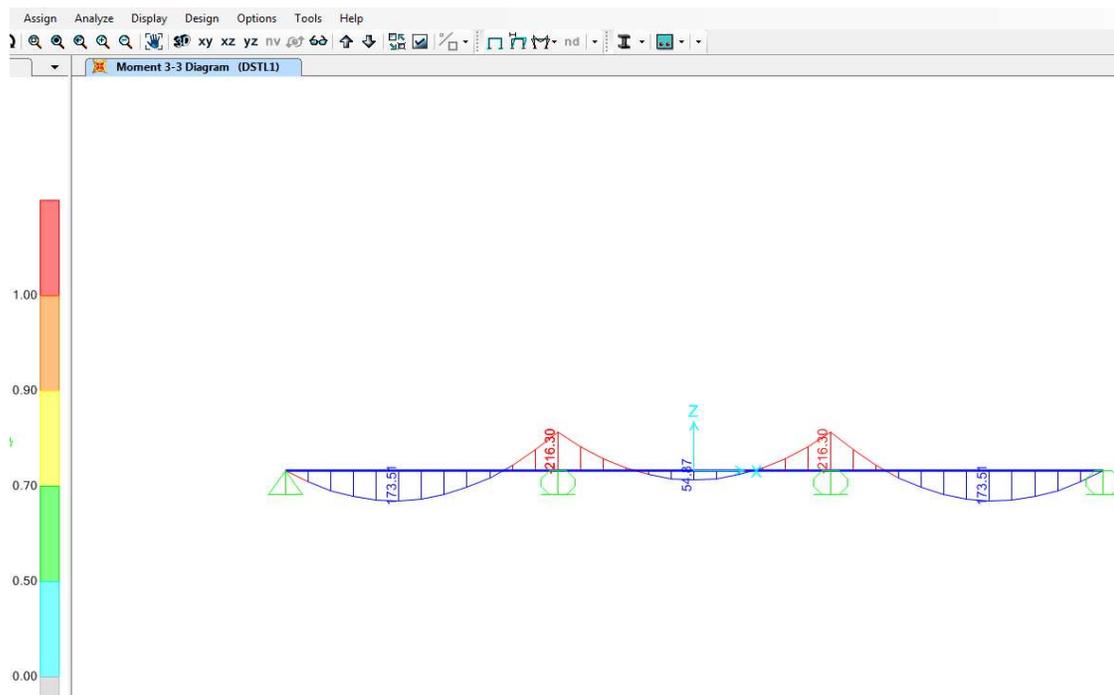
4.3.2.3. Momentos Últimos

Figura 24 Visualización de los Momentos Flectores



Fuente Elaboración Propia a partir Programa SAP.

Figura 25 Magnitudes del Momento Flector



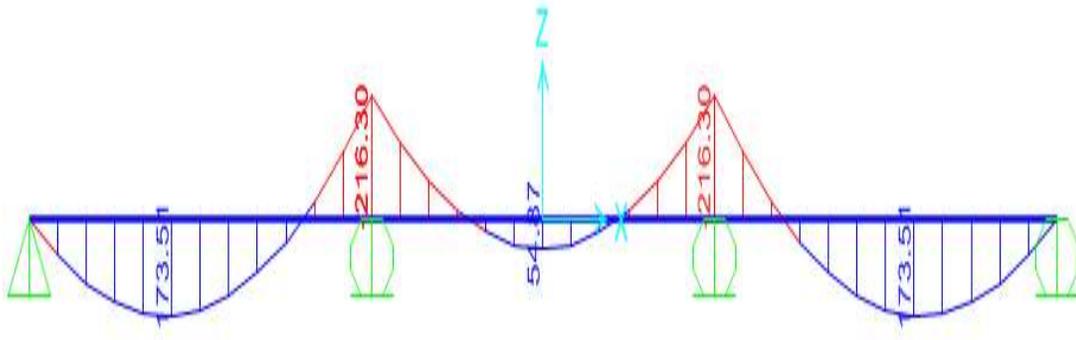
Fuente Elaboración Propia a partir programa SAP.

4.3.2.4. Momento Máximos de Diseño

+M MAX: 173.51 T (N-m)

-M MAX: 216.30 T (N-m)

Figura 26 Magnitudes Del Momento Máximo Que Soportara La Estructura.

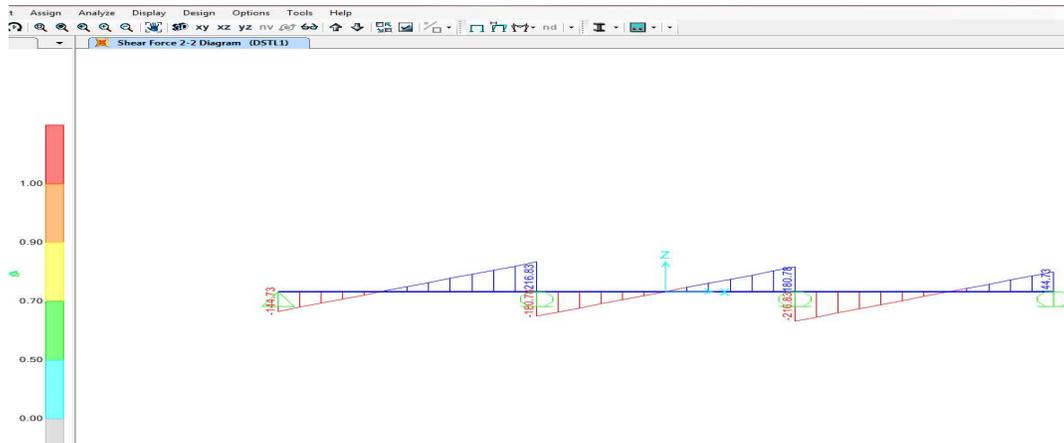


Fuente Elaboración Propia a Partir Programa SAP.

Para este momento resistente se usa perfil w 650 x 750 mm que tiene una resistencia de momentos máximos de 254.8 T(N-m)OK

4.3.2.5. Fuerzas Cortantes

Figura 27 Fuerzas Cortantes en la Estructura.



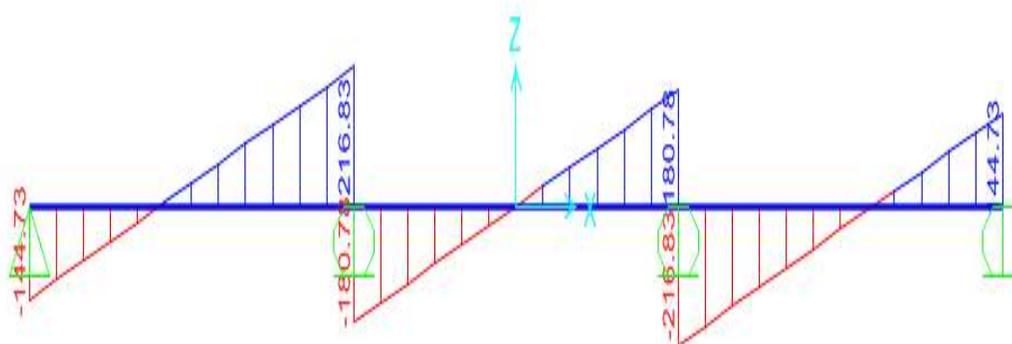
Fuente Elaboración Propia a partir Programa SAP

4.3.2.6. Fuerzas Cortantes Máximas

+FC: 216.83 TN-m

-FC: -216.83 TN-m

Figura 28 Fuerzas Cortantes Máximo en la Estructura.



Fuente Elaboración Propia a partir Programa SAP

Según los cálculos obtenidos nuestra estructura puede soportar a la planta de tratamiento.

4.3.3. Datos de lo que requiere la planta de tratamiento para su funcionamiento.

Tabla 8 Cuadro de Recursos Requeridos para la Planta de Electrocoagulación.

Descripción	Especificación
Sistema Electrocoagulation	
Capacidad Caudal	30 m3/hora
Número de Electrodos	150 planchas
Tamaño del Electrodo	1200mm x600mm ,
Peso del Electrodo	3000 kilos
Suministro de Energía	Estado sólido de pulso de corriente continúa.
Bomba de Limpieza de Electrocoagulación	
Número de Bombas	1 und
Capacidad Caudal	5m3 / hora.

Presión	20 bar
Potencia	2 caballos de fuerza
Bomba de Limpieza de Ácido	
Capacidad	10 m ³
Presión	3 bar
Tipo	Centrifugo
Potencia	3 caballos de fuerza
Capacidad	1500 ltrs
Sistema de Dosificación de Polímero	
Número de Bombas	2 und (1w +1s)
Capacidad	20 lph
Presión	4 bar

Fuente Elaboración Propia a partir de información consultada.

Tabla 9 Cuadro de Recursos para la Planta de Tratamiento en el DAF

Clarificador por Flotación de Aire Disuelto	
Caudal	30 m ³ /h
Material de construcción	Acero 304
Espesor del material exterior	4mm
Material del skimmer	transportador pp y cadena ss
Compresor de aire requerido	1 (a ser fijado por el cliente)
Presión del compresor	10 bar
Capacidad del compresor	30 cfm
Tanque de saturación aire	1
Tanque moc de saturación aire	ss 304
Presión	15 bar
Bomba de recirculación de agua blanca	1
Capacidad caudal	10m ³ /h
Presión	5 bar

Fuente Elaboracion Propia a partir de información consultada.

Tabla 10 Cuadro de recursos para el filtro prensa

Filtro Prensa	
Tamaño	800mm x 800mm
Número de placas	30
Tamaño del micrón	15
Motor cv	3 hp
Bomba De Alimentación Con Filtro Alta Presión	
Tipo	bomba de diafragma operada con aire
Cantidad ofrecida	2 (1 w + 1s)
Capacidad caldal	1 m3/hora.

Fuente Elaboración Propia a partir de información consultada.

Costos de Equipamiento

Los costos de equipamiento que se presentan son un promedio de los precios de mercado internacional, es decir son referenciales.

Tabla 11 Cuadro de Costo de Planta de Tratamiento.

DESCRIPCIÓN	PRECIO
La electrocoagulación, bombas dosificadoras, plataforma móvil EC, sistema de limpieza EC, sistema de limpieza de la bomba de alta presión, clarificador DAF, panel de control ETP, panel de control EC con PLC y pantalla táctil, panel de control de automatización DAF con PLC y pantalla táctil, bombas de alimentación de filtro de prensa y filtro de prensa.	\$400 000.00
Sistema de ultra filtración con el panel de automatización, incluyendo filtros de bolsa y filtros de micrones, módulos de ultra filtración, tubos de presión, bombas de retro lavado, bombas de dosificación, bomba de limpieza UF, tuberías de interconexión, válvulas y panel de control de automatización, instrumentos relativos al propósito del suministro.	
Planta de reciclaje en fase I con panel de control de Automatización, incluyendo bombas de transferencia, filtros de cartucho, bomba de alta presión, membranas, bombas dosificadoras y tubos de presión, tuberías de interconexión, válvulas y panel de control de automatización.	

Fuente Elaboración Propia a partir de información consultado.

Los costos de operación trabajo forzado con maquinaria y horas hombre son precios que se maneja en el mercado local.

Tabla 12 Cuadro de Costo Operativo de la Instalación de la Planta.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.		P. UNIT.	P.TOTAL
1	Maquina Escarbadora	8	hrs	\$ 170.37	\$ 1 362.98
2	Cargador Frontal	3	hrs	\$ 170.00	\$ 510.00
3	Grúa Para Izaje De Columnas	5	hrs	\$ 170.00	\$ 850.00
4	Fabricación De Columnas 8 Columnas De 12 Metros	6	Und	\$ 2 560.00	\$15 360.00
5	Fabricación De Vigas	30	Und	\$ 859.00	\$ 25 770.00
6	Fabricación De Cartelas Y Conectores	18	Und	\$15.00	\$ 270.00
7	Fabricación De Arriostre	12	Und	\$400.00	\$ 4800.00
8	Fabricación De Anclaje De Columnas	24	Und	\$20.00	\$ 480.00
9	Construcción De 4 Pozas	1	Und	\$6,000.00	\$ 6 000.00
10	Montaje De Estructuras	1	Und	\$ 20 000.00	\$ 20 000.00
11	Fabricación De Escalera	1	Und	\$1 500.00	\$ 1 500.00
Total					\$ 76 902.98

Fuente Elaboración Propia a partir de información consultado.

Potencias a usar.

Costo de la planta \$ 400 000.00

Costo de energía de la planta \$ 361.75

Costo de infraestructura \$ 76 902.98

Costo administrativo \$ 9 538.06

Haciendo un total de **486 802.79** dólares la planta de tratamiento

La siguiente tabla se aprecia los costos de energía eléctrica que consume la planta.

Tabla 13 Costos de Energía

	Descripción	Consumo	Unid	Total	Costo/Unid	Costo
1	Energía	30KW X 20 HRS	KW	600 KW/h	0,10 \$/h	\$ 60
2	Electro	2800KG /45	KG	62	\$ 1	\$ 62
3	Polímero	0,5 KG	KG	0,5	10	\$ 5
4	Ácido	20 KG	KG	20KG	0,35 Kg.	\$ 7
					TOTAL	\$ 134

Fuente Elaboración Propia

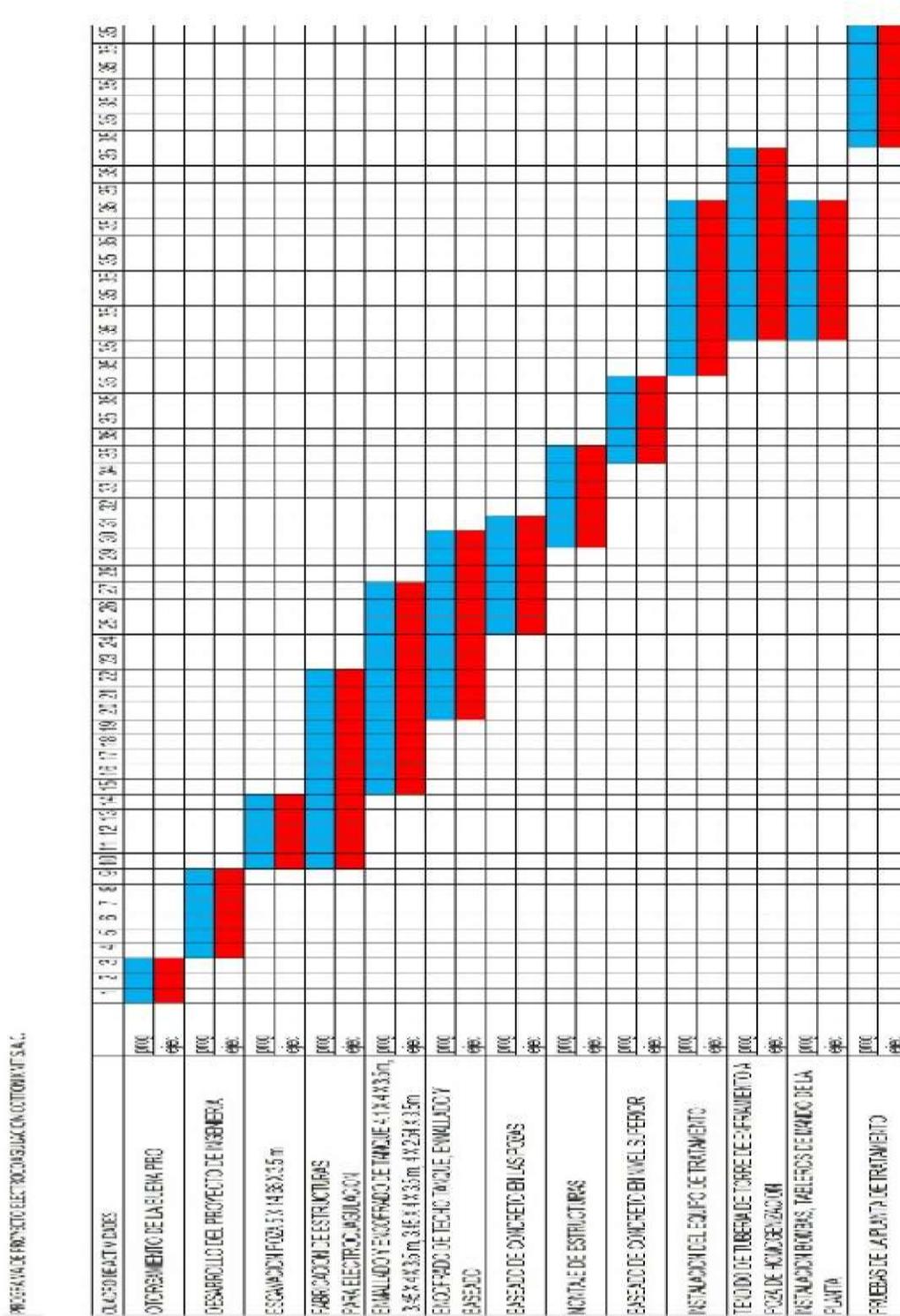
Tabla 14 Costo de Energía

	Descripción	Consumo	Unidad	Costo/Unid	Cantidad
1	ENERGÍA	60KW/H	KW/H	\$ 0,1	\$ 120
2	Ácido	25	Kg	\$ 0,35	\$ 8,75
3	Sustitución de la membrana UF	5 años de vida			\$ 24
4	Sustitución de la membrana de OI	3 años de vida			\$ 35
5	Sustitución del cartucho y el filtro de bolsa				\$ 10
6	Productos químicos de limpieza y desincrustantes				\$ 30
			TOTAL		\$ 227,75

Fuente Elaboración Propia Consumo De Máquinas

4.4. Cronograma de Implementación del Proyecto

Figura 29 Cronograma del Proyecto



Fuente Elaboración Propia

4.5. Análisis Económico – Financiero

En el cuadro podemos observar de cómo se beneficiará la planta de tratamiento a la empresa con la optimización de recursos

El cuadro siguiente permite observar el consumo de sal en un mes del año. El cual nos muestra que en un mes tenemos un consumo de sal 53 400 kg de sal, esto representa un costo de \$18,690.00.

La planta de tratamiento recuperara el 70% de agua que se utiliza en la tintorería. Por consecuencia se usara un 70% menos de sal para el ablandamiento del agua. El cual nos permitirá un ahorro mensual de \$13,083.00.

Tabla 15 Cuadro Ahorro del Consumo de Sal.

Fecha	Consumo Sacos	Consumo Kg	Costo De Consumo Dólares	Reducción De Producción De Agua Blanda 70%	Ahorro Por Día
1-Jun-16	30	1500	\$525.00	\$157.50	\$367.50
2-Jun-16	44	2200	\$770.00	\$231.00	\$539.00
3-Jun-16	48	2400	\$840.00	\$252.00	\$588.00
4-Jun-16	36	1800	\$630.00	\$189.00	\$441.00
5-Jun-16	50	2500	\$875.00	\$262.50	\$612.50
6-Jun-16	48	2400	\$840.00	\$252.00	\$588.00
7-Jun-16	48	2400	\$840.00	\$252.00	\$588.00
8-Jun-16	32	1600	\$560.00	\$168.00	\$392.00
9-Jun-16	40	2000	\$700.00	\$210.00	\$490.00
10-Jun-16	30	1500	\$525.00	\$157.50	\$367.50

11-Jun-16	36	1800	\$630.00	\$189.00	\$441.00
12-Jun-16	36	1800	\$630.00	\$189.00	\$441.00
14-Jun-16	30	1500	\$525.00	\$157.50	\$367.50
15-Jun-16	10	500	\$175.00	\$52.50	\$122.50
16-Jun-16	30	1500	\$525.00	\$157.50	\$367.50
17-Jun-16	44	2200	\$770.00	\$231.00	\$539.00
18-Jun-16	40	2000	\$700.00	\$210.00	\$490.00
19-Jun-16	48	2400	\$840.00	\$252.00	\$588.00
20-Jun-16	38	1900	\$665.00	\$199.50	\$465.50
21-Jun-16	40	2000	\$700.00	\$210.00	\$490.00
22-Jun-16	28	1400	\$490.00	\$147.00	\$343.00
23-Jun-16	22	1100	\$385.00	\$115.50	\$269.50
24-Jun-16	30	1500	\$525.00	\$157.50	\$367.50
25-Jun-16	34	1700	\$595.00	\$178.50	\$416.50
26-Jun-16	38	1900	\$665.00	\$199.50	\$465.50
27-Jun-16	40	2000	\$700.00	\$210.00	\$490.00
28-Jun-16	22	1100	\$385.00	\$115.50	\$269.50
29-Jun-16	22	1100	\$385.00	\$115.50	\$269.50
30-Jun-16	22	1100	\$385.00	\$115.50	\$269.50
		53 400	\$18,690.00	\$5,607.00	\$13,083.00

Fuente Elaboración Propia a partir de información recopilada de la empresa Cotton Knit, SAC

El cuadro siguiente permite observar el consumo de agua en un mes del año. El cual nos muestra que en un mes tenemos un consumo de **18 264** m³ de agua dura, esto representa un costo de **\$182 640.00**.

La planta de tratamiento recuperara el 70% de agua que se utiliza en la tintorería. Por consecuencia se usará un 70% menos de agua. El cual nos permitirá un ahorro mensual de **\$127 848.00**.

Tabla 16 Cuadro de Ahorro del Agua en la Planta de Tratamiento

Fecha	Por Día M3	Costo Agua Día	Reutilización 70%	Ahorro Por Día
1-Jun-16	520	\$5 200.00	\$1,560.00	\$3,640.00
2-Jun-16	540	\$5 400.00	\$1,620.00	\$3,780.00
3-Jun-16	560	\$5 600.00	\$1,680.00	\$3,920.00
4-Jun-16	580	\$5 800.00	\$1,740.00	\$4,060.00
5-Jun-16	605	\$6 050.00	\$1,815.00	\$4,235.00
6-Jun-16	625	\$6 250.00	\$1,875.00	\$4,375.00
7-Jun-16	660	\$6 600.00	\$1,980.00	\$4,620.00
8-Jun-16	674	\$6740.00	\$2,022.00	\$4,718.00
9-Jun-16	653	\$6,530.00	\$1,959.00	\$4,571.00
10-Jun-16	673	\$6,730.00	\$2,019.00	\$4,711.00
11-Jun-16	625	\$6,250.00	\$1,875.00	\$4,375.00
12-Jun-16	645	\$6,450.00	\$1,935.00	\$4,515.00
13-Jun-16	680	\$6,800.00	\$2,040.00	\$4,760.00
14-Jun-16	635	\$6,350.00	\$1,905.00	\$4,445.00
17-Jun-16	602	\$6,020.00	\$1,806.00	\$4,214.00
18-Jun-16	589	\$5,890.00	\$1,767.00	\$4,123.00
19-Jun-16	590	\$5,900.00	\$1,770.00	\$4,130.00
20-Jun-16	634	\$6,340.00	\$1,902.00	\$4,438.00
21-Jun-16	613	\$6,130.00	\$1,839.00	\$4,291.00
22-Jun-16	633	\$6,330.00	\$1,899.00	\$4,431.00
23-Jun-16	585	\$5,850.00	\$1,755.00	\$4,095.00
24-Jun-16	605	\$6,050.00	\$1,815.00	\$4,235.00
25-Jun-16	640	\$6,400.00	\$1,920.00	\$4,480.00
26-Jun-16	592	\$5,920.00	\$1,776.00	\$4,144.00
27-Jun-16	580	\$5,800.00	\$1,740.00	\$4,060.00
28-Jun-16	602	\$6,020.00	\$1,806.00	\$4,214.00
29-Jun-16	589	\$5,890.00	\$1,767.00	\$4,123.00
30-Jun-16	568	\$5,680.00	\$1,704.00	\$3,976.00
Resultado del mes		\$182,640.00	\$54,792.00	\$127,848.00

Fuente Elaboración Propia a partir de información recopilada de la empresa Cotton Kit., SAC

La inversión del proyecto \$ **486 441.04**

Tabla 17 Cuadro de datos que nos arroja el VAN y TIR

El cuadro representa un flujo ahorro mensual.

Flujo de Efectivo Neto	
Años	Valor
1	\$60 399.00
2	\$60 399.00
3	\$60 399.00
4	\$60 399.00
5	\$60 399.00
6	\$60 399.00
7	\$60 399.00
9	\$60 399.00
10	\$60 399.00

VAN	\$742,854.71
TIR	0.07

Fuente Elaboración Propia.

Se observa en la tabla que mensualmente obtendremos \$60 399.00.

Costo de 2 operadores de planta \$1000

Costo de energía de la planta \$ 361.75

Costo de insumos para el proceso de producción \$800

Gastos de planta = $1000 + 361.75 + 800 = \$2161.75$.

Ahorro mensual = $60\,399 - 2161.75 = \$ 58\,237.25$

Con estos datos podemos decir que en 10 meses obtendremos la inversión. Cuando la planta esté funcionando al 100% su capacidad,

CAPITULO 5

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de los resultados obtenidos Electrocoagulación

Estos son los valores que tomaremos en cuenta, para darle paso al siguiente proceso de tratamiento del efluente textil.

Tabla 18 Parámetros de la Electrocoagulación.

Parámetro	Valor
PH	7-7.5
Sólidos Suspendidos	30 ppm
BOD 5 días 20 grados	120 ppm
Dureza`Total	80 ppm
TDS	3000 ppm
Oxígeno disuelto	2-4 ppm
Temperatura	25-30 grados
Hierro	0.5 ppm
Aceite y Grasa	Menos de 0.1 ppm
Cloruros	1000 ppm
Sulfatos	100 ppm
Turbiedad	10 N.T.U

Fuente Confident Engineering

Separación de Sólidos

Estos parámetros nos indicaran que estamos haciendo un buen tratamiento

Tabla 19 Parámetros de la Separación de Sólidos.

Parámetro	Valor
PH	7-7.5
Sólidos Suspendidos	Ninguno
COD	300 ppm
COLOR	150 pT Co
Dureza Total	80 ppm
Temperatura	25-30 grados
Hierro	Ninguno
Turbiedad	Ninguna

Fuente Confident engineering

Ablandamiento

Después de los pasos anteriores al último proceso que nos indicara si tenemos el agua apta para retornarlo a la planta de producción.

Tabla 20 Parámetros del Ablandamiento del Agua.

Parámetro	<i>Alimentacion Osmosis Inversa I</i>	<i>Permeado Osmosis Inversa I</i>	<i>Rechazo Osmosis Inversa I</i>
PH	6-6.5	6.5	6.5
DBO 5 días 20 grados	100 ppm	Ninguno	300 ppm
DQO	300 ppm	Ninguno	900 ppm
Dureza Total	80 ppm	Ninguno	240 ppm
Sílice	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Hierro	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Cloruros	1000 ppm	50 ppm	4000 ppm
Sulfatos	100 ppm	20 ppm	400 ppm

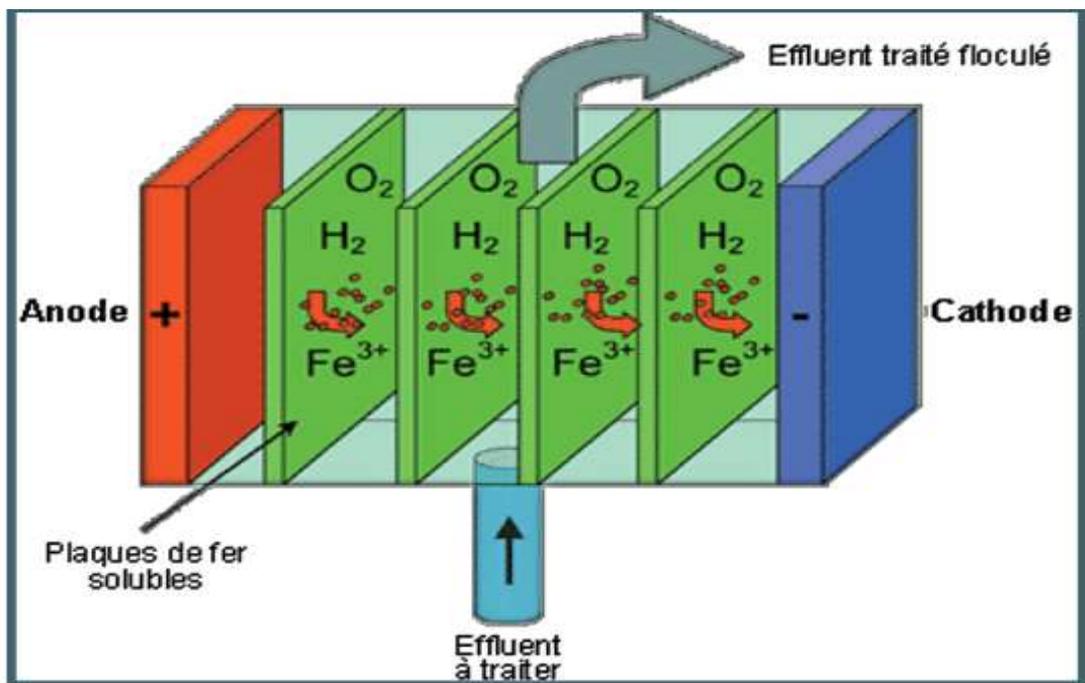
Fuente Confident Engineering

5.2. Electrocoagulación:

El paso de corriente eléctrica a través del agua, ha resultado ser muy eficaz en la eliminación de contaminantes del agua. Sistemas Electro-coagulación esto nos permitirá que el efluente atraviese la celda cargadas eléctricamente por una corriente directa de 350 V a una corriente de 380A.

Será suficiente para romper el enlace iónico del efluente textil.

Figura 30 Circuito de Celdas de la Electrocoagulación.

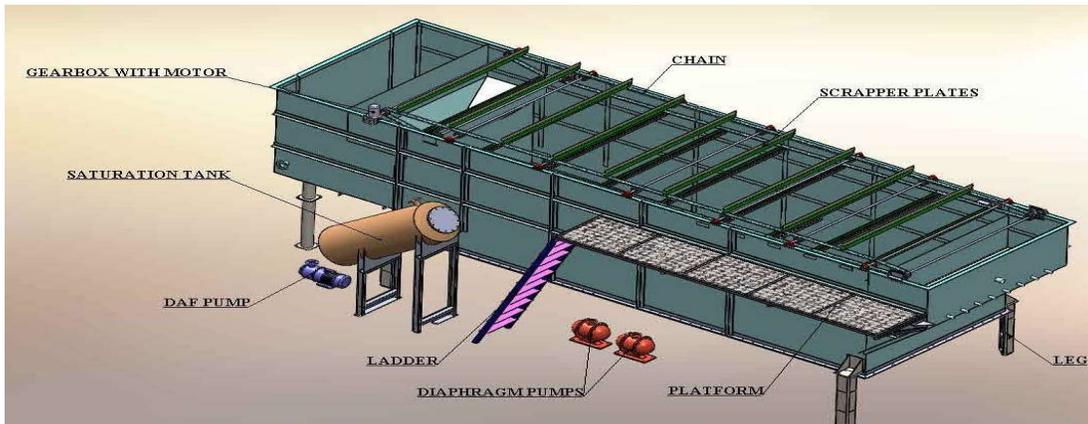


Fuente (<http://hdl.handle.net/10578/984>)

5.3. Descripción General de DAF

Aunque las unidades de DAF vienen en muchas formas, los sistemas más comúnmente producidos hoy en día son unidades de forma rectangular utilizando la presurización de reciclaje para proporcionar aire disuelto para fomentar flotación. Como se ilustra en la Figura, un sistema DAF consta de los siguientes componentes principales:

Figura 31 Flotación De Aire Disuelto (DAF)



Fuente Confident Engineering

Célula de contacto o cámara de coagulación. Proporciona una mezcla de aire disuelto con partículas floculadas en el influente para permitir la unión de burbujas a las partículas. También proporciona una distribución uniforme de flujo a través de la anchura de la unidad.

Celda de flotación. Proporciona una superficie para la flotación de las partículas floculadas (flotador) y aéreo.

Espumador de superficie. Proporciona los medios para la eliminación de flotador de la celda de flotación para la transferencia a la deshidratación u otra manipulación. El sistema más comúnmente utilizado consiste en una serie de velos tirados por un sistema de transmisión por cadena con accionamientos de velocidad variable, temporizador.

Deflector y cámara de descarga de efluentes. Proporciona una separación física del agua clarificado de partículas floculadas y fondos antes de la descarga de la unidad a través de presas o estructuras similares.

Sistema de saturación del aire (aguas blancas). Proporciona la cantidad de aire requerido en la forma adecuada (tamaños de burbuja en el rango de 10-100 micras), idealmente usando caudal mínimo de reciclaje. El sistema de aguas blancas utiliza una presurización de la bomba para forzar el aire en la solución, ya sea con el flujo de influente o un flujo de

reciclo efluente clarificado. La solución de aire-agua se inyecta en la corriente de agua residual entrante para fomentar el contacto burbuja-sólido y flotación.

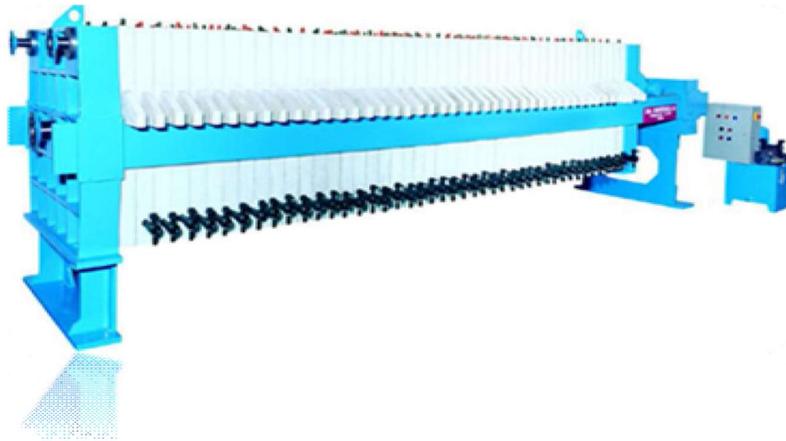
5.4. Prensa de Filtro

Una bomba de diafragma de alta presión se aplica para alimentar el lodo concentrado de alta tasa de clarificador contenido de sólidos con sólidos & líquidos a través de boquilla de alimentación de la prensa de filtro a la cámara formada entre las placas y el medio, dejando el sólido atrapado adentro y el líquido drenado. La torta que se construye en el espacio hueco entre las placas se cae una vez abierto el envase. La prensa de filtro es la más eficiente y más empleado en todos los procesos de filtración.

5.5. Uso Principal de la Prensa de Filtro.

Este tipo de máquina que compactara el lodo hasta eliminar toda el agua que contenga. Será bombeado por bomba neumática.

Figura 32 Filtro Prensa.



Fuente Confident Engineering

El lodo húmedo que llega al filtro prensa será compactado, hasta obtener un sólido consistente libre de agua, el cual será eliminado a un relleno sanitario. El agua que se filtre

se retornará al proceso de recuperación. Para lograr los mejores resultados en la DQO y DBO y eliminar los sólidos.

5.6. Filtro de Arena con Presión Descripción del Producto

Un filtro de arena a presión típico consta de un aparato de presión - esto puede ser vertical un horizontal equipado con un conjunto de trabajo.

Frontal de tuberías y válvulas, arena graduada con el apoyo de las capas bajo el lecho compuesto por piedras y sílice, un distribuidor superior para distribuir el agua entrante de manera uniforme en toda la sección transversal del filtro, y un sistema de drenaje para recoger el agua filtrada. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO El principal de la filtración media de arena es bastante sencillo. La fuente de agua de riego es presurizado y se introduce en la parte superior de los tanques de los medios. Una placa de difusión en la parte superior de la garganta del depósito sirve para reducir la velocidad de agua y distribuir el agua de manera uniforme en la parte superior de la cama de arena. El lecho del medio es una capa de tamaño-graduada aplastado arena de sílice aproximadamente 16 "de profundidad. La contamina en el agua se capturan en la cama de arena y agua filtrada pasa al colector de descarga en la parte inferior de los tanques.

Filtros de arena son efectivos para filtrar contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos. El gran tamaño y naturaleza tridimensional de una cama de arena proporciona una mayor superficie y tiene una capacidad mayor que muchos otros tipos de filtros. La determinación de la capacidad del filtro y la comprensión de la función de retro lavado (limpieza) de su sistema son algunos de los aspectos más importantes de filtración con éxito.

La clave de los medios de filtración superior es la eliminación efectiva de los contaminantes capturados del lecho de medio, comúnmente conocido como lavado a contracorriente/retro lavado". Situado en la parte inferior de cada filtro de medio Flow -Guard es un sistema de desagüe inferior con alta ingeniería que está diseñado para llevar a cabo dos funciones. En primer lugar, no debe permitir ningún medio de arena pasar a través de los filtros y en

el sistema de riego. En segundo lugar, durante la operación de lavado a contracorriente se debe permitir que el agua de descarga se distribuya de manera uniforme en toda la cama de arena sin bolsillos o puntos muertos. Esto asegura que los medios se levanten y se enjuague de manera uniforme libre de contaminantes de una manera eficiente.

Figura 33 Filtro Arena



Fuente: Confident Engineering

5.7. Descripción del Proceso para la Planta de Reciclaje

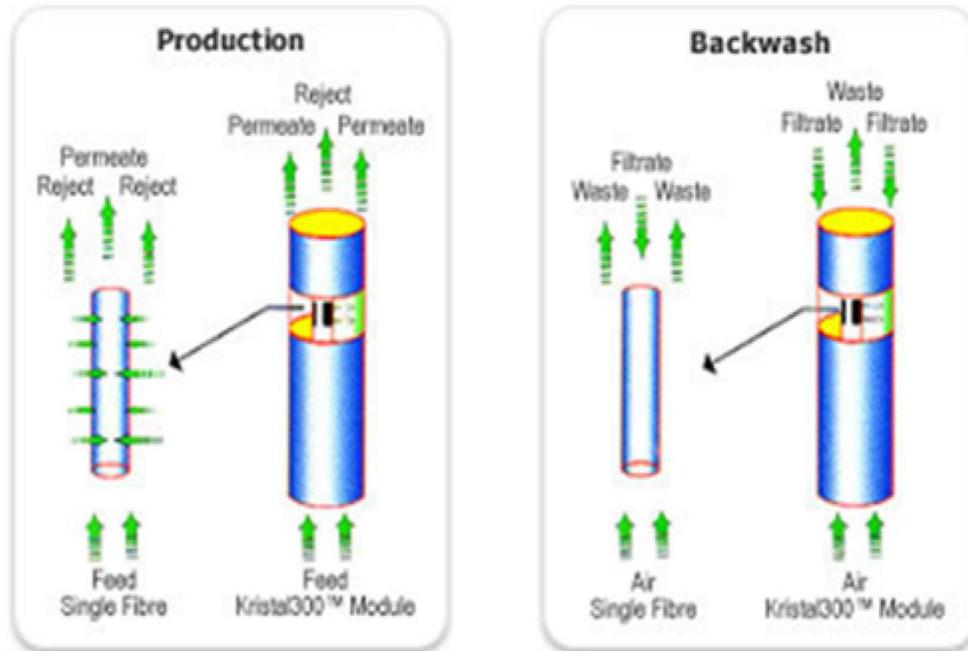
5.7.1. Ultra Filtración

Después efluente tratado del filtro de disco se recogerá en el tanque de alimentación...

Desde el tanque de alimentación UF, el efluente tratado se alimenta al sistema de filtración ultra para la reducción de SDI y el nivel de turbidez. La filtración ultra tendrá un sistema totalmente automatizado para el servicio, retro lavado, enjuague adelante, retro lavado química mejorada y limpieza CIP (limpieza-en - lugar).

El sistema de UF se compone de los siguientes modos de funcionamiento:

Figura 34 Ultra Filtración el Proceso de Trabajo y Limpieza.



Fuente Confident Engineering

5.7.2. Ciclo de Servicio

El sistema de la membrana de UF opera en un modo out-to-in- donde la corriente de la alimentación fluye en el exterior de la membrana con el filtrado que fluye por el interior. Debido a la construcción de doble piel de la membrana, el filtrado se somete a la filtración doble durante la operación. La corriente de rechazo fluye fuera de la piel exterior de la membrana y se concentra a lo largo de la longitud de la membrana.

Para mantener una cruz mínimo - la velocidad del flujo, algunos de las corrientes de rechazo se re circula para evitar la acumulación de sólidos en la superficie de la membrana. El saldo de la corriente de rechazo está purgado para evitar la acumulación de sólidos en el circuito de recirculación. Dicha operación de alimentación y purga permite la UF

funcionar de forma continua antes de la necesidad de retro lavado así mejorando la recuperación y la disponibilidad del sistema.

5.7.3. Retro lavado ultra filtración (BW)

Con la acumulación de sólidos durante la filtración, la resistencia al flujo aumentará el cual puede ser superado por someter la membrana a un flujo inverso, con el agua del producto Aire fregado también se introduce simultáneamente para mejorar la eficacia del lavado a contra corriente. Esta operación de lavado a contracorriente se lleva a cabo periódicamente que puede ser predeterminado por cualquiera de flujo total o el tiempo transcurrido. El sistema global se controla de tal manera que sólo 1 tren va a someterse a lavado a contracorriente en un momento dado. La corriente de retro lavado se descarga al sumidero de residuos.

5.7.4. Servicio de Mantenimiento (MC)

Para mantener la eficacia de la filtración óptima, Se requiere limpieza química periódica de las membranas. MC es una secuencia automatizada destinada a corto plazo recuperación de la permeabilidad, que es una limpieza de corta duración con cloro y ácido cítrico, de acuerdo con el calendario preestablecido, con interrupción mínima del sistema. La frecuencia de limpieza de mantenimiento depende de la calidad del agua cruda y su variación. La frecuencia esperada de esta limpieza a corto plazo es una vez en la semana.

5.7.5. Limpieza de Recuperación (RC)

Un procedimiento de limpieza extensa requiere interrupción más larga en un tren de proceso para recuperación permanente de la permeabilidad de la membrana y el rendimiento. Las membranas se someten a un régimen de remojo y ciclo de enjuague que se elimina las suciedades o contaminantes que no se pueden extirpar por retrolavado solo. Similar a limpieza de mantenimiento, frecuencia de limpieza de recuperación depende de

la calidad del agua de alimentación y su variación; la frecuencia esperada de esta limpieza a largo plazo está una vez en 4 a 6 semanas.

5.7.6. Equipos Auxiliares

Los siguientes equipos son necesarios para el funcionamiento del sistema de UF:

Sistema de Retro lavado: El sistema de retro lavado consta de dos bombas retro lavado (uno de trabajo y uno en espera) y el agua de retro lavado requerida se extrae del tanque de filtrado.

Sistema de aire comprimido: El sistema de aire comprimido comprende del sistema de aire de proceso para el lavado de los trenes de UF durante el retro lavado y un sistema de aire comprimido separado para el suministro a los instrumentos.

Sistema de Clean-In-Place (Limpieza en lugar): El sistema de limpieza en lugar comprende un tanque dedicado de limpieza en lugar y la bomba tanto para el mantenimiento y Limpieza de recuperación.

✓ Pruebas de Integridad de membrana (MIT): Para supervisar y detectar la integridad de las membranas de UF, 2 métodos diferentes de prueba han sido

✓ incorporado en el sistema.

✓ Prueba de Turbidez: La turbidez del agua permeado está continuamente monitoreado a través de un medidor de turbidez en cada tren. Si hay alguna Excursión observado por encima de la lectura de referencia por un cuántico estipulada una alarma se activa, pero si la excursión se produjo por un período prolongado, entonces el tren particular, estará aislado y cerrado para evitar el transporte de contaminantes a través del proceso de aguas abajo, así como destacar la necesidad de una inmediata atención del operador. El tren afectado dispondrá de todos sus módulos probados para la integridad de la membrana mediante el uso de las pruebas de caída de presión (PDT).

El filtrado UF (o agua filtrada) estará almacenado en un tanque de filtrado / retro lavado tanque de UF. Este tanque tendrá dos compartimentos, que el filtrado de UF fluirá al primer

compartimento, que será diseñado para retener el agua retro lavado requeridos por lo menos tres retro lavados de las membranas de UF. El agua del primer compartimento se desbordará en el segundo compartimento. El agua tratada está bombeado a varias fuentes del uso para el tanque de filtrado UF.

5.7.7. Osmosis Inversa

El efluente tratado de la filtración ultra será alimentado al tanque de alimentación de osmosis inversa. Desde el tanque de alimentación de Osmosis inversa I, el efluente tratado viene a la más grave de filtros micrones luego alimentados a membranas de ósmosis inversa etapa I por la aplicación de alta presión por la bomba HP.

Mientras tanto cloro corrección del pH eliminación de anti-oxidante y anti-incrustante dosificación está realizado automáticamente. En general el 75% del agua se recupera de osmosis inversa Etapa I. Todo el sistema de ósmosis inversa tendrá totalmente automatizado servicio como, control ORP, control de pH, presión baja y goteo con alta presión, limpieza automática, control de la presión diferencial, limpieza automático, lavado, etc.,

El producto de todas las etapas permeadas de osmosis inversa será alimentado a la torre de desgasificación para eliminación de dióxido de carbono y el olor. Después la desgasificación agua de producto está alimentado para procesar la casa para su reciclaje.

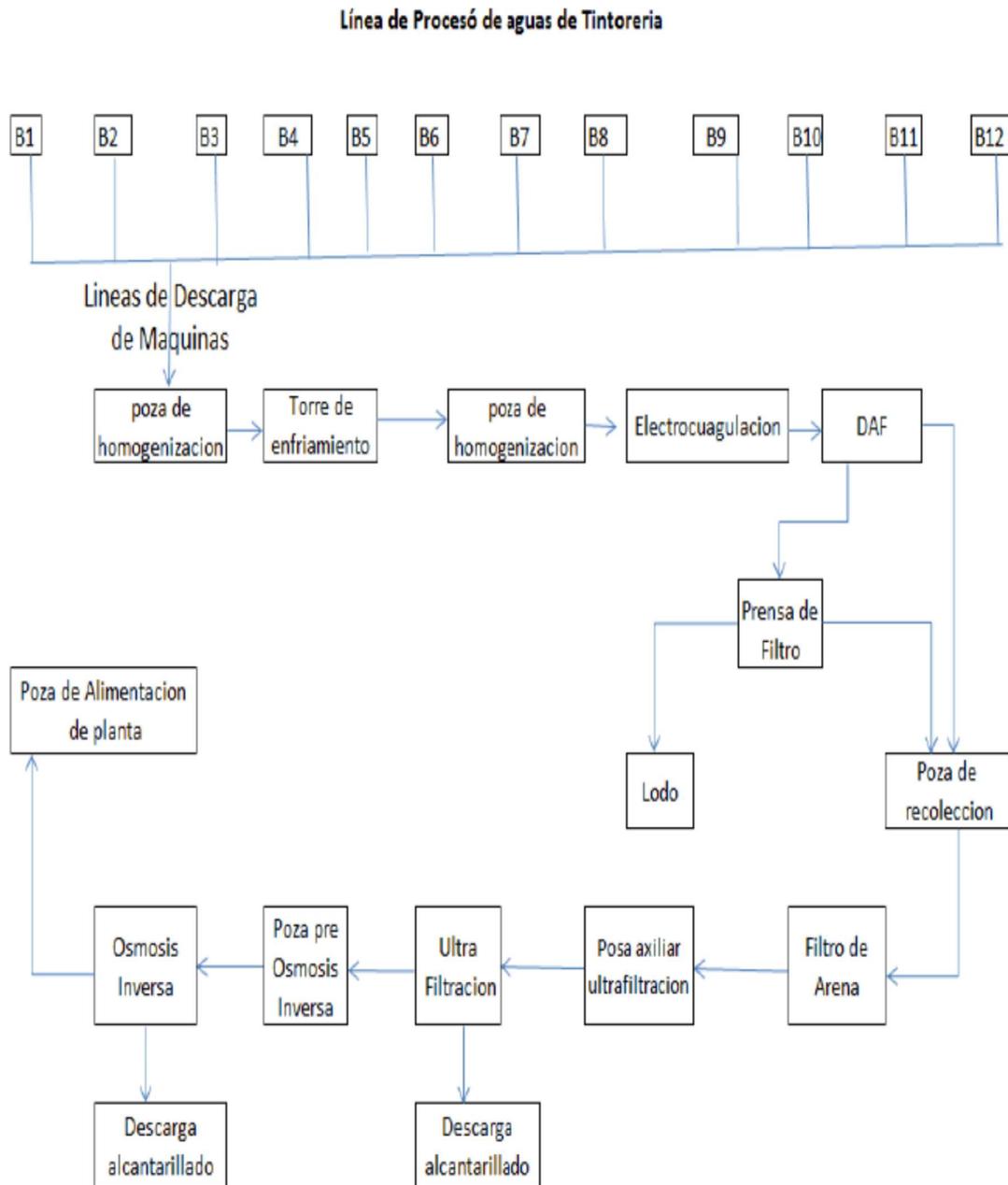
Figura 35 Osmosis Inversa



Fuente Confident Engineering

Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación (reajuste de los modelos interpretativos si fuera necesario). Cómo esperamos que se vea la empresa con esta planta de tratamiento.

Figura 36 Esquema De Planta Tintorería Con La Planta De Tratamiento



Fuente Elaboración Propia, basado en Cotton Knit, SAC

CONCLUSIONES

- ✓ Los estudios realizados han permitido determinar la implementación del proceso de electrocoagulación para el tratamiento del efluente textil que permite la recuperación del 70% del agua empleada, el rendimiento de remoción de tintes es de 90%.
- ✓ El efluente textil se caracteriza por tener las siguientes características:
El pH (8-11), sólidos suspendidos (200 mg/l), DBO (800-1200 mg/l), DQO (1400 – 1800 mg/l). Después del sistema de tratamiento se llega a transformar las mencionadas características en los siguientes valores que conforman el agua tratada para alcantarillado y preñado (es el agua que se reutilizara en la tintorería):
Valores preñados: pH 6.5, DBO ninguno, DQO ninguno, dureza del agua ninguno.
Valores de rechazo para el alcantarillado: pH 6.5, DBO 300pp.
- ✓ El proceso propuesto de rompimiento iónico usando corriente eléctrica directa, nos permite separar los sólidos que forman un enlace químico que no es posible separarlos por medios físicos, se logra separar la pigmentación de los colorantes y productos químicos que se usa en el proceso de teñido de hilos y telas, obteniendo un valor 40 NTU de la turbiedad del agua, parámetro normal establecido en el reglamento tratado de efluentes según PETAR.

✓ El proceso propuesto utilizando un polímero para formar flóculos, nos permite separar sólidos del agua eficientemente agrupando los sólidos y haciéndolos flotar para su remoción con paletas.

✓ El proceso de osmosis inversa propuesto, utilizando celdas de membrana a 20 Bares de presión, nos permite filtrar el agua del cual quedarán atrapados las sales Na y Ca, después estarán en óptimas condiciones para el uso en la planta de tintorería. Por otra parte, el rechazo que tendremos estará dentro de los parámetros del PTAR, para ser eliminado por la alcantarilla.

✓ En un mes tenemos un consumo de sal 53 400 kg de sal, esto representa un costo de \$18,690.00, la planta de tratamiento recuperara el 70% de agua que se utiliza en la tintorería. Por consecuencia, se usará un 70% menos de sal para el ablandamiento del agua. El cual nos permitirá un ahorro mensual de \$13,083.00.

✓ En un mes tenemos un consumo de **18 264** m³ de agua dura, esto representa un costo de **\$182 640.00**, la planta de tratamiento recuperara el 70% de agua que se utiliza en la tintorería. Por consecuencia se usará un 70% menos de agua. El cual nos permitirá un ahorro mensual de **\$127 848.00**.

El costo de la planta es de \$ 400 000.00, el de energía de la planta es de \$ 361.75, el costo de infraestructura es de \$ 76 902.98 y el costo administrativo es de \$ 9 538.06, haciendo un total de 486 802.79 dólares la planta de tratamiento. Se espera recuperar la inversión en 10 meses.

RECOMENDACIONES

El tratamiento de agua de efluente textil, permite preservar el medio ambiente y reducir el impacto ambiental, por lo que se sugiere seguir investigando en diferentes métodos y procesos para su tratamiento.

Si se va a investigar acerca de las aplicaciones de estas técnicas de tratamiento de aguas residuales, se debe elaborar un estudio de los resultados que se han obtenido en él o en los proyectos que se toman como referencia, esto con el propósito de tener claro la eficacia y eficiencia de esas aplicaciones en determinadas situaciones geográficas, ya que los resultados pueden variar de un lugar a otro.

Se debe tener claro los aportes al medio ambiente y a la comunidad en general, con el fin de presentar de forma relevante la importancia de estos proyectos.

El residuo sólido obtenido en forma de lodo podría ser utilizado en forma de biomasa, aprovecharlo como energía, por lo que se recomienda su estudio para determinar su utilización.

GLOSARIO

ÁNODOS: es un electrodo en el que se produce una reacción de oxidación, mediante la cual un material, al perder electrones, incrementa su estado de oxidación

BIOFILTROS: también denominados filtros biológicos, son dispositivos que eliminan una amplia gama de compuestos contaminantes desde una corriente de fluido (aire o agua) mediante un proceso biológico.

CÁTODO: es un electrodo con carga negativa que sufre una reacción de reducción, mediante la cual un material reduce su estado de oxidación al recibir electrones.

COLIFORMES FECALES: son bacterias que forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos

CONDUCTIVIDAD: es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él

COTTON KNIT S.A.C: empresa líder en la producción y exportación de prendas de vestir de algodón en tejido de punto, es una empresa familiar fundada en junio de 1991.

DISOLUCIÓN ANÓDICA: es un proceso a simple vista es imposible distinguir entre una zona *anódica* y una *catódica*.

ELECTROCOAGULACIÓN: es un método alternativo para la depuración de aguas residuales. Consiste en un proceso de desestabilización de los contaminantes del agua ya estén en suspensión, emulsionados o disueltos, mediante la acción de corriente eléctrica directa de bajo voltaje y por la acción de electrodos metálicos de sacrificio, normalmente aluminio/hierro. Se trata de un equipo compacto que opera en continuo, mediante un reactor de especial diseño donde se hallan las placas o electrodos metálicos para producir la electrocoagulación. En este proceso se genera una elevada carga de cationes que desestabilizan los contaminantes del agua residual, se forman hidróxidos complejos, estos tienen capacidad de adsorción produciendo agregados (flóculos) con los contaminantes.

De otro lado, por la acción del gas formado se genera turbulencia y se empuja hacia la superficie los flóculos producidos.

ELECTRÓLISIS: es la descomposición de agua en los gases oxígeno e hidrógeno por medio de una corriente eléctrica a través del agua

EL POTENCIAL ZETA: describe la intensidad del campo eléctrico estático de la capa doble en el límite entre el grano y el fluido (plano de corte)

FUERZAS ELECTROSTÁTICAS: Los átomos que están presentes en todos los cuerpos, están compuestos de electrones, protones y neutrones

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Clemente, J. P. (2008). *Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para el tratamiento y reutilización de efluentes textiles* (Doctoral dissertation).

Gonzales Neira, E. M. (2004). *Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la Empresa Servioptica LTDA*. Bogota.

Lapeña, M. R. (1989). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales* (Vol. 27). Marcombo.

Mansilla, H. D., Lizama, C., Gutarra, A., & Rodríguez, J. (2001). Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil. *Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea*, 2(2), 286-294. (1)

Parra Pumahualca, F. E. (2015). *Instalación de equipos aplicando las buenas prácticas en manufactura en una industria farmacéutica*. Lima.

Piña-Soberanis, M., Martín-Domínguez, A., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Guevara-Lara, A., & García-Espinoza, J. E. (2011). Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(2), 257-271.

Piña-Soberanis, M. M.-D.-R.-G.-L.-E. (2011). *Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación*. Revista mexicana de ingeniería química, 10(2), 257-271.

Torres Acuña, M. E. (2014). *Reingeniería de los procesos de producción artesanal de una pequeña empresa cervecera a fin de maximizar su productividad*. Lima.

ANEXOS

Figura 37 P&D Planta De Tratamiento De Efluente Textil

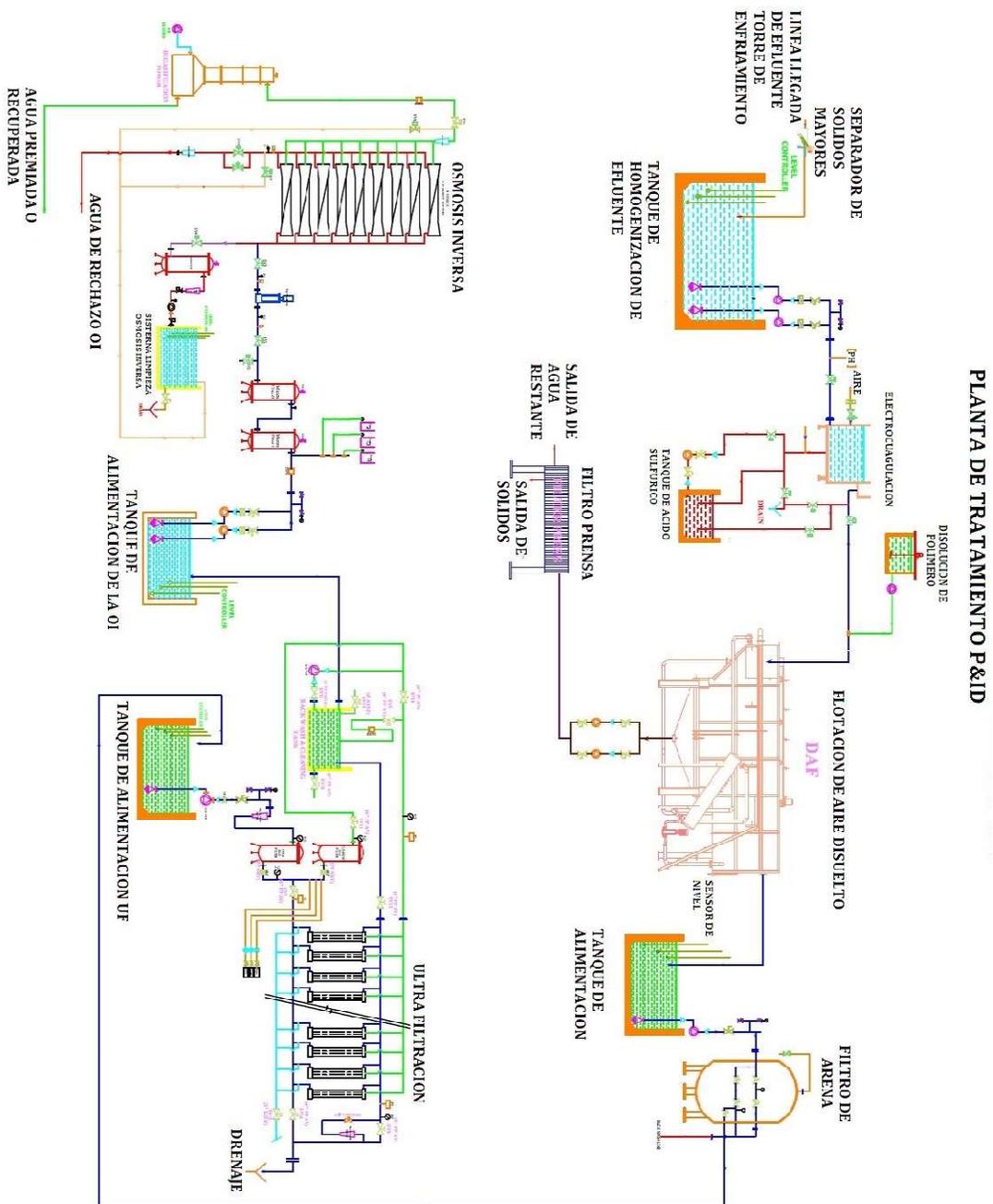


Figura 38 Plano De Ubicación De Planta De Tratamiento De Efluente Textil En La Empresa COTON KNIT S.A.C.

