



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA
EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JUAN PABLO OLOVACHA TOROSHINA
TUTORA: ING. MABEL PARADA

RIOBAMBA – ECUADOR
2017

©2017, Juan Pablo Olovacha Toroshina

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente proyecto técnico de **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO”** de responsabilidad del señor Juan Pablo Olovacha Toroshina ha sido revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada así su presentación.

Ing. Mabel Parada
**DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Valeria Tapia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Juan Pablo Olovacha Toroshina, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 03 de agosto de 2017

Juan Pablo Olovacha Toroshina

180427386-8

“Yo, Juan Pablo Olovacha Toroshina, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

Juan Pablo Olovacha Toroshina

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios porque es quien me da el permiso de abrir mis ojos día tras día.

A mi madre Rosa Toroshina la mujer admirable quien desde pequeño me enseñó ser constante en cada paso que dé en la vida y jamás renunciar a los sueños.

A mi padre Juan Miguel Olovacha el hombre admirable que me enseñó la virtud del trabajo sin importar que escenario se presente, el hombre que hizo de mí el hombre que soy ahora.

A mis hermanos (as) desde el más grande al más pequeño: Margot, Sandra, Piedad, Carlos, Luis, Andrea, Danny, Beatriz, David, Rosa, Estefanía quienes fueron y son parte de mi vida.

A mis cuñados: Cesar, Segundo, Oscar y sobrinos: Fabricio, Erika, Noemí, Diana, Danny quienes son muy importantes en mi vida.

A mis primos Edgar, Édison, Efraín quienes me han brindado su apoyo incondicional.

Este trabajo está dedicado a todos quienes de una u otra forma son parte de mi vida en las buenas y en las malas. La mente es frágil para acordarse de todos y dejar plasmados sus nombres en ese trabajo porque en el camino recorrido he encontrado muchas personas que han significado mucho para mí.

Juan Pablo

AGRADECIMIENTO

Haciendo redundancia este trabajo está hecho en agradecimiento a Dios por mi existencia.

Agradezco a mis padres, hermanos, cuñados, sobrinos y primos que son mi familia quienes están ahí siempre cuando yo necesito de ellos desde el fondo de mi corazón gracias por estar conmigo y compartir esta vida de aventuras, alegrías, tristezas.

En mi vida estudiantil agradezco a todos mis profesores de la escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Con especial cariño agradezco a la ing. Mabel Parada por ser parte de este trabajo con su guía y ayuda y el tiempo dedicado a mí.

Juan Pablo

CONTENIDO

RESUMEN.....	XV
SUMMARY.....	XV

CAPITULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA _____	1
1.1	Identificación del Problema _____	1
1.2	Justificación del proyecto _____	2
1.3	Línea de base del proyecto _____	3
1.3.1	Antecedentes de la Empresa ANDELAS CIA LTDA. _____	3
1.3.1.1	Características de la Empresa ANDELAS CIA LTDA _____	3
1.3.1.2	Diagrama de flujo del proceso de producción de la empresa ANDELAS. _____	8
1.3.1.3	Producción textil de la empresa. _____	9
1.3.2	Marco conceptual _____	13
1.3.2.1	Agua residual de la industria textil _____	13
1.3.2.2	Industria textil en el Ecuador _____	13
1.3.2.3	Principales contaminantes de la Industria Textil _____	13
1.3.2.4	Caracterización de aguas residuales _____	14
1.3.2.5	Tratamiento de aguas residuales en la industria textil _____	17
1.3.2.6	Rediseño de la planta de aguas residuales _____	19
1.4	Beneficiarios directos e indirectos _____	25
1.4.1	Directos _____	25
1.4.2	Indirectos _____	25

CAPITULO II

2	OBJETIVOS DEL PROYECTO _____	26
2.1	General _____	26
2.2	Específicos _____	26

CAPÍTULO III

3	ESTUDIO TÉCNICO _____	27
3.1	Localización del Proyecto _____	27

3.2	Ingeniería del proyecto _____	28
3.2.1	Tipo de estudio _____	28
3.2.2	Métodos y Técnicas _____	28
3.2.2.1	Métodos _____	28
3.2.2.2	Técnicas _____	29
3.2.2.3	Muestreo _____	41
3.2.2.4	Equipos, materiales y reactivos _____	41
3.2.2.5	Datos de Medición de Caudal _____	42
3.2.2.6	Pruebas de tratabilidad para la fábrica Textil ANDELAS. _____	44
3.2.2.7	Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual del fábrica Textil ANDELAS. _____	50
3.2.2.8	Caracterización del agua residual tratada _____	56
3.2.2.9	Porcentaje de remoción _____	60
3.2.3	Dimensionamiento para el rediseño de la planta retratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS. _____	78
3.2.3.1	Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina. _____	78
3.2.3.2	Dosificación de coagulantes-floculantes _____	85
3.2.3.3	Dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta _____	86
3.2.3.4	Dimensionamiento del sistema de filtración _____	94
3.3	Proceso de Producción _____	104
3.3.1	Resultados del dimensionamiento del sistema propuesto _____	104
3.3.1.1	Diseño de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina _____	104
3.3.1.2	Dosificación _____	105
3.3.1.3	Sedimentador de Flujo Horizontal de Tasa Alta _____	105
3.3.1.4	Diseño de un filtro lento _____	106
3.3.2	Propuesta del rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS _____	106
3.3.2.1	Diagrama del proceso actual que tiene la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS _____	107
3.3.2.2	Diagrama del proceso propuesto del rediseño para la planta de tratamiento de aguas residuales dela empresa ANDELAS _____	109
3.3.2.3	Comparación del sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS. _____	112
3.4	Requerimiento de materiales y equipos para el rediseño de aguas residuales _____	113
3.4.1	Tipos de materiales utilizados en las unidades que conforman el sistema de tratamiento, tuberías y accesorios. _____	113

3.4.1.1	Unidades que conforman el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa ANDELAS _____	113
3.4.1.2	Tuberías y accesorios que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales. _____	113
3.4.1.3	Otros componentes que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales. _____	114
3.4.2	Distribución de la Planta _____	115
3.4.2.1	Descripción de las áreas _____	115
3.5	Análisis de costo/beneficio del proyecto _____	115
3.6	Cronograma del Proyecto _____	1178
	ANÁLISIS DE RESULTADOS _____	120
	CONCLUSIONES _____	121
	RECOMENDACIONES _____	122
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Productos de la empresa ANDELAS _____	12
Tabla 2-1 Clasificación de los contaminantes de las aguas residuales de la industria textil ____	14
Tabla 3-1 Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual	15
Tabla 4-1 Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce. _____	16
Tabla 5-1 Relación entre parámetros DBO5 y DQO (Índice de Biodegradabilidad)_____	18
Tabla 1-3 Características geográficas de la empresa ANDELAS _____	27
Tabla 2-3 Medición del caudal _____	30
Tabla 3-3 Método termométrico 2550 A. _____	30
Tabla 4-3 Análisis Físico – químicos en aguas: Métodos Normalizados _____	31
Tabla 5-3 Toma y recolección de muestras _____	41
Tabla 6-3 Materiales de muestreo y recolección de información _____	42
Tabla 7-3 Materiales y equipos para medición del caudal _____	42
Tabla 8-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS _____	43
Tabla 9-3 Caudal promedio del agua residual que sale de la cisterna _____	44
Tabla 10-3 Parámetros para evaluar el Índice de Biodegradabilidad _____	45
Tabla 11-3 Índice de Biodegradabilidad _____	45
Tabla 12-3 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra Compuesta _____	46
Tabla 13-3 Sistema de filtración a nivel de laboratorio _____	49
Tabla 14-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS ____	51
Tabla 15-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS. ____	52
Tabla 16-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS ____	53
Tabla 17-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS ____	54
Tabla 18-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS ____	55
Tabla 19-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS _____	57
Tabla 20-3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce _____	59
Tabla 21-3 Determinación del porcentaje remoción luego del tratamiento _____	60
Tabla 22-3 Caracterización química para el Color _____	62
Tabla 23-3 Caracterización química para la Turbiedad _____	62
Tabla 24-3 Caracterización química para la Conductividad _____	63
Tabla 25-3 Caracterización química para los Sólidos Totales Disueltos _____	64
Tabla 26-3 Caracterización química para los Fosfatos _____	65
Tabla 27-3 Caracterización química para los Sulfatos _____	66
Tabla 28-3 Caracterización química para los Fluoruros _____	67

Tabla 29-3 Caracterización química para los Hierro Total _____	68
Tabla 30-3 Caracterización química para el Manganeso _____	69
Tabla 31-3 Caracterización química para el Cromo _____	70
Tabla 32-3 Caracterización química para el Dureza Total _____	71
Tabla 33-3 Caracterización química para el Cobalto _____	72
Tabla 34-3 Caracterización química para el Plomo _____	73
Tabla 35-3 Caracterización química para el DBO ₅ _____	74
Tabla 36-3 Caracterización química para el DQO _____	75
Tabla 37-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual de la empresa ANDELAS _____	76
Tabla 38-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual de la empresa ANDELAS _____	77
Tabla 39-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual _____	78
Tabla 40-3 Datos para el dimensionamiento del mezclador rápido de turbina _____	79
Tabla 41-3 Datos para el dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal _____	87
Tabla 42-3 Datos para el dimensionamiento del filtro lento _____	95
Tabla 43-3 Caudal de diseño _____	104
Tabla 44-3 Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina _____	104
Tabla 45-3 Dosificación de coagulantes-floculantes _____	105
Tabla 46-3 Dimensionamiento del tanque sedimentador de tasa alta _____	105
Tabla 47-3 Dimensionamiento del filtro lento _____	106
Tabla 48-3 Unidades con las que cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales. _____	113
Tabla 49-3 Descripción de tuberías y accesorios para un sistema de tratamiento de aguas residuales _____	114
Tabla 50-3 Descripción de los componentes utilizada en el sistema de tratamiento de aguas residuales. _____	114
Tabla 51-3 Presupuesto general para el sistema de tratamiento. _____	116
Tabla 52-3 Determinación de los costos de dosificación _____	117
Tabla 53-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS _____	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Área de tejeduría	4
Figura 2-1 Área de tinturado	4
Figura 3-1 Área de Acabados	5
Figura 4-1 Área de servicios	5
Figura 5-1 Bodega de materia prima	6
Figura 6-1 Bodega de químicos	6
Figura 7-1 Bodega de producto final	7
Figura 8-1 Diagrama de procesos de empresa	8
Figura 9-1 Conos de hilo poliéster	9
Figura 10-1 Cono de hilo de algodón	10
Figura 11-1 Conos de hilo de algodón	10
Figura 12-1 Conos de Spandex	11
Figura 13-1 Paletas del mezclador rápido de turbina	20
Figura 14-1 Sedimentador horizontal	22
Figura 15-1 Filtro lento	23
Figura 16-1 Lecho de secado de lodos	25
Figura 1-3 Ubicación satelital de la empresa ANDELAS	27
Figura 2-3 Prueba de Jarras	46
Figura 3-3 Sistema de filtración	509
Figura 4-3 Dimensiones para el diseño del tanque de mezcla rápida	81
Figura 5-3 Proceso actual del sistema de tratamiento actual de la empresa ANDELAS	110
Figura 6-3 Proceso propuesto para el rediseño de la planta de tratamiento de la empresa ANDELAS	111

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3 Dosis Optima de floculante y coagulante _____	47
Gráfico 2-3 Caracterización química para el Color _____	62
Gráfico 3-3 Caracterización química para la Turbiedad _____	63
Gráfico 4-3 Caracterización química para la conductividad _____	64
Gráfico 5-3 Caracterización química para los Sólidos Disueltos _____	65
Gráfico 6-3 Caracterización química para los Fosfatos _____	66
Gráfico 7-3 Caracterización química para los Sulfatos _____	67
Gráfico 8-3 Caracterización química para los Fluoruros _____	68
Gráfico 9-3 Caracterización química para el Hierro Total _____	69
Gráfico 10-3 Caracterización química para el Manganeso _____	70
Gráfico 11-3 Caracterización química para el Cromo _____	71
Gráfico 12-3 Caracterización química para el Dureza Total _____	72
Gráfico 13-3 Caracterización química para el Cobalto _____	73
Gráfico 14-3 Caracterización química para el Plomo _____	74
Gráfico 15-3 Caracterización química para el DBO5 _____	75
Gráfico 16-3 Caracterización química para el DQO _____	76

RESUMEN

Se realizó el rediseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, de la Empresa Textil ANDELAS, ubicada en el Parque Industrial Ambato. El estudio empezó con un monitoreo a las descargas de agua residual que se hace directamente al río Cutuchi que provee de agua de riego a las zonas agrícolas del valle de Patate. Luego se hizo un reconocimiento del sistema de tratamiento de la empresa y se procedió a la medición de los caudales de agua en el tanque de dosificación ya que aquí empieza el tratamiento del agua residual. Se hizo el seguimiento del caudal durante cinco semanas en los horarios de 10h00, 12h00 y 16h00 obteniendo un resultado promedio de 2,43 L/s. Se tomó una sola muestra compuesta para el análisis físico, químico y microbiológico que dieron como resultado los parámetros que se encuentra fuera de los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015). Entre los parámetros más importantes que se necesitan para el tratamiento del agua residual están : el Color, la Turbiedad, el DBO₅ y el DQO. Mediante una relación (DBO₅/DQO) entre ellos dan el índice de Biodegradabilidad que indica el tipo de tratamiento adecuado para aguas residuales en el caso de la empresa ANDELAS el tratamiento químico. Luego del tratamiento se determinó el porcentaje de remoción de contaminantes: color 99,89%, turbiedad 99,91%, DBO₅ 99,94% y el DQO 99,99%. A la empresa ANDELAS. Se concluye que el rediseño constará de un tanque mezclador rápido de turbina, un tanque horizontal de sedimentación y un filtro lento combinado de arena y carbón activado se recomienda implementar el rediseño propuesto ya que es factible económicamente y el agua residual puede ser reutilizada en los procesos productivos nuevamente.

Palabras clave

<INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA>, <AGUAS RESIDUALES>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <EFLUENTE RESIDUAL> <DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES> <INDICE DE BIODEGRADABILIDAD> < RÍO CUTUCHI> <AMBATO (CANTÓN)>

SUMMARY

The redesign of the Wastewater Treatment System was developed in the Textile Company ANDELAS, located in the Industrial Park from Ambato. The study began with a monitoring of the wastewater discharges directly to the Cutuchi River, which provides irrigation water to the agricultural areas from Patate valley. Then, a recognition of the treatment system of the Company was carried out and the measurement of the water flows in the dosing tank were done due to that, the treatment of the residual water begins there. The flow was monitored during five weeks in the schedules of 10h00, 12h00 and 16h00 obtaining an average result of 1,43 L/s. A single complete sample was taken for the physical, chemical and microbiological analysis, which results showed that the parameters are outside of the permissible limits according to the table No. 9: Limits of discharge to a Body of Fresh Water, Annex 1, Book VI, TULSMA (Official Register No. 387, November 4, 2015). Among the most important parameters needed for wastewater treatment are color, turbidity, DBO₅ and CDO. By means of a relation between them (DBO₅/CDO), they give the index of Biodegradability that indicates the type of appropriate treatment to the wastewater, in the case of the ANDELAS Company is the chemical treatment. After of the treatment, the percentage of removal of contaminants was determined; color 99,89 %, turbidity 99,91 %, DBO₅ 99,94% and CDO 99,99 %. To the Company ANDELAS. It is concluded that the redesign will consist of a fast turbine mixing tank, a horizontal sedimentation tank and a combined slow sand and activated carbon filter, it is recommended to implement the proposed redesign because it is economically feasible and the wastewater can be reused in the productive processes again.

Key Words: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, < CHEMICAL ANALYSIS OF WATER>, <WASTEWATER>, <WASTEWATER TREATMENT SYSTEM> <RESIDUAL EFFLUENT> <SIZING OF THE SEWAGE PLANT> <INDEX OF BIODEGRADABILITY> <CUTUCHI RIVER> <AMBATO CANTÓN>.

CAPITULO I

1 DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

En la provincia de Tungurahua existe una gran cantidad de industrias que generan aguas residuales que son descargadas a la alcantarilla y otras que descargan directamente al cauce del río, por esta contaminación generada el estado a través del ministerio de ambiente se ha propuesto normar la concentración de las descarga de aguas residuales de la industria, razón por la cual, también los gobiernos descentralizados municipales han hecho eco y buscan disminuir la contaminación provocada por las industrias.

Una de estas industrias es la Empresa Textil “ANDELAS Compañía Limitada” está ubicada en el Parque Industrial Ambato, III etapa, situado en el norte de la ciudad del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Es una Industria textil en tejido de punto, en telas fleece, interlook, jersey, licra pique, en poliéster, algodón y sus diferentes mezclas para la confección de ropa deportiva. Telas de punto para calentadores, exteriores, interiores, camisetas y toda clase de ropa deportiva.

La Empresa Textil “ANDELAS Compañía Limitada” originalmente, sólo procesaba materias primas naturales de origen vegetal y animal. Sin embargo, la proporción de fibras artificiales generadas, como seda artificial, fibras sintéticas, como poliamida, poliacril y poliéster, sigue creciendo la demanda en todo el mundo.

De acuerdo con los antecedentes de la empresa “ANDELAS Compañía Limitada” es indudable la necesidad de introducir una mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales, pues, la empresa incumple con las normativas ambientales. Por lo que se dispone solucionar el problema con un rediseño en la planta de tratamiento que tienen construida para el tratamiento de los efluentes, la cual tienen como función recibir las aguas industriales evacuadas por los procesos productivos de la empresa; éstos efluentes industriales son tratados de una manera inadecuada y son evacuados directamente en un canal específico para esos efluentes que descarga en el río

Cutuchi que recorre todo la Zona Nororiental de la provincia de Tungurahua proveyendo de agua de riego a las poblaciones aledañas a este río.

1.2 Justificación del proyecto

En la Empresa Textil “ANDELAS Compañía Limitada” los requerimientos normativos, así como la necesidad de ahorrar y reutilizar el agua en la industria, hacen necesario que se investigue nuevos procesos que permitan mejorar la remoción de componentes difícilmente biodegradables en el efluente, y a su vez permitan la posibilidad de la recirculación del efluente en el proceso productivo.

Por los procesos operativos de la empresa se sabe que la fuerte coloración de las aguas residuales del tinturado van directamente al río y debe ser controlada. En general, las moléculas de los colorantes utilizados en la actualidad son estructuras muy variadas y complejas. La mayoría son de origen sintético, muy solubles en agua, altamente resistentes a la acción de los agentes químicos y poco biodegradables.

Para el rediseño de la planta de tratamiento, es necesario considerar parámetros como: caudal de diseño, tiempo de vida útil del rediseño propuesto, factores de contaminación, insumos y reactivos utilizados en el proceso de elaboración del producto, concentración de las aguas industriales; todo basado en normas generales para el diseño de tratamiento de aguas residuales, que cumpla con los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).

Una de las razones más importantes que motivan este estudio en el rediseño de la planta de aguas residuales es minimizar los costos de adquisición de agua, reutilizando el agua que sale del proceso. La empresa está catalogada como un centro de tinturado y lavado que utilizan diferentes colorantes y un elevado volumen de agua para el teñido de su materia prima, descargando el agua residual directamente al río Cutuchi con un tratamiento básico de neutralización, tomando como referencia el inmenso consumo de agua en los procesos productivos de la Empresa ANDELAS y el impacto ambiental que causa por no tener un adecuado sistema de tratamiento para las aguas residuales, la presente investigación está basada en encontrar un proceso apropiado para dar tratamiento a las aguas residuales de la empresa.

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1 Antecedentes de la Empresa ANDELAS CIA LTDA.

1.3.1.1 Características de la Empresa ANDELAS CIA LTDA

La empresa ANDELAS CIA LTDA, es una organización dedicada al engrandecimiento del sector textil del Ecuador, nació en 1993 con la idea de brindar al mercado local hilado y tejido de calidad fabricados de Algodón, poliéster y mezclas.

Se encuentra ubicado en el corazón comercial del Ecuador, en la provincia de Tungurahua ciudad Ambato, sector que brinda las características óptimas para el crecimiento y esparcimiento de la empresa. Su acabado y excelentes cualidades han logrado su reconocimiento en el exterior y posicionamiento entre los productos textiles con calidad de exportación, además de tener una posición consolidada en el mercado textil del Ecuador.

ANDELAS ha crecido en los últimos años exponencialmente, consta de instalaciones equipadas con tecnología de punta en procesos de tejeduría, tintorería y terminado, para brindar sus servicios de la mejor manera posible (Menendez, 2013).

Infraestructura física.

La planta de producción se encuentra ubicada en el Parque industrial de Ambato, y consta de un área de 6080 m², en el cual están construidos 4 galpones de 445 m², y en ellos están distribuidas las diferentes secciones donde se llevan a cabo los procesos de producción, además de áreas de servicios, bodegas, oficinas, etc.

Según los procesos de producción se ha dividido en área de tejeduría, área de tintorería y área de acabados.

Área de tejeduría

Tiene un área total de trabajo de 296 m² Consta de 5 máquinas circulares de tejido de punto, cada máquina ocupa un espacio físico de 27 m², con un número variable de “porta-conos” de 6 a 8. El resto de espacio está destinado al acceso y movimiento de 2 trabajadores fijos además del paso para visitantes (Menendez, 2013).



Figura 1-1 Área de tejeduría
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Área de tintorería

Tiene un área de 295 m². Consta de dos máquinas de tintura, Overflow DMS y Overflow LAIP. Además del acceso para la carga y descarga de telas antes y después del proceso de tintura, tiene espacio suficiente para un trabajador fijo y paso libre para caminantes (Menendez, 2013).



Figura 2-1 Área de tinturado
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Área de acabados

Tiene un área de 432 m². Consta de varias máquinas, cada una da un acabado determinado a la tela, estas máquinas son: hidroextractor, que ocupa un espacio físico de 27 m², secadora, que ocupa un espacio físico de 95 m², ambas a cargo de un solo operario; viradora, que ocupa un espacio de 18 m², con un operario, perchadora, que ocupa un espacio de 52 m², a cargo de un operario, la calandra, que ocupa 22 m², con un operario (Menendez, 2013).



Figura 3-1 Área de Acabados
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Área de servicios

Posee un área de 150 m², consta de un caldero que ocupa un área de 27 m², tres compresores que ocupan 20 m², planta de tratamiento de agua con un área de 32 m², tanque de almacenamiento de diésel que ocupa 40 m², tanque de almacenamiento de GLP y ocupa 36 m². Todo esto se encuentra bajo la supervisión de una sola persona (Menendez, 2013).



Figura 4-1 Área de servicios
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Bodega de materia prima

Tiene un área total de 202 m². En ella se almacenan los diferentes hilos. Se encuentra a cargo de una sola persona (Menendez, 2013).



Figura 5-1 Bodega de materia prima

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Bodega de químicos

Tiene un área de 47 m². Allí se almacenan los diferentes químicos y tintes para los procesos de teñido. Se encuentra a cargo de una sola persona (Menendez, 2013).



Figura 6-1 Bodega de químicos

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Bodega de producto final

Tiene un área de 253 m². En este sector se almacenan los tejidos terminados, previos a su comercialización. Se encuentra a cargo de una sola persona (Menendez, 2013).



Figura 7-1 Bodega de producto final

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Oficinas

Consta de un área de 28 m². Con un aproximado de doce personas. En este sector es donde se llevan a cabo los procesos administrativos, financieros, de proyectos, y ventas (Menendez, 2013).

Servicios higiénicos

Con un área de 18 m².

Estacionamiento

Tiene la capacidad de albergar de 6 a 8 vehículos medianos y pequeños.

1.3.1.2 Diagrama de flujo del proceso de producción de la empresa ANDELAS.

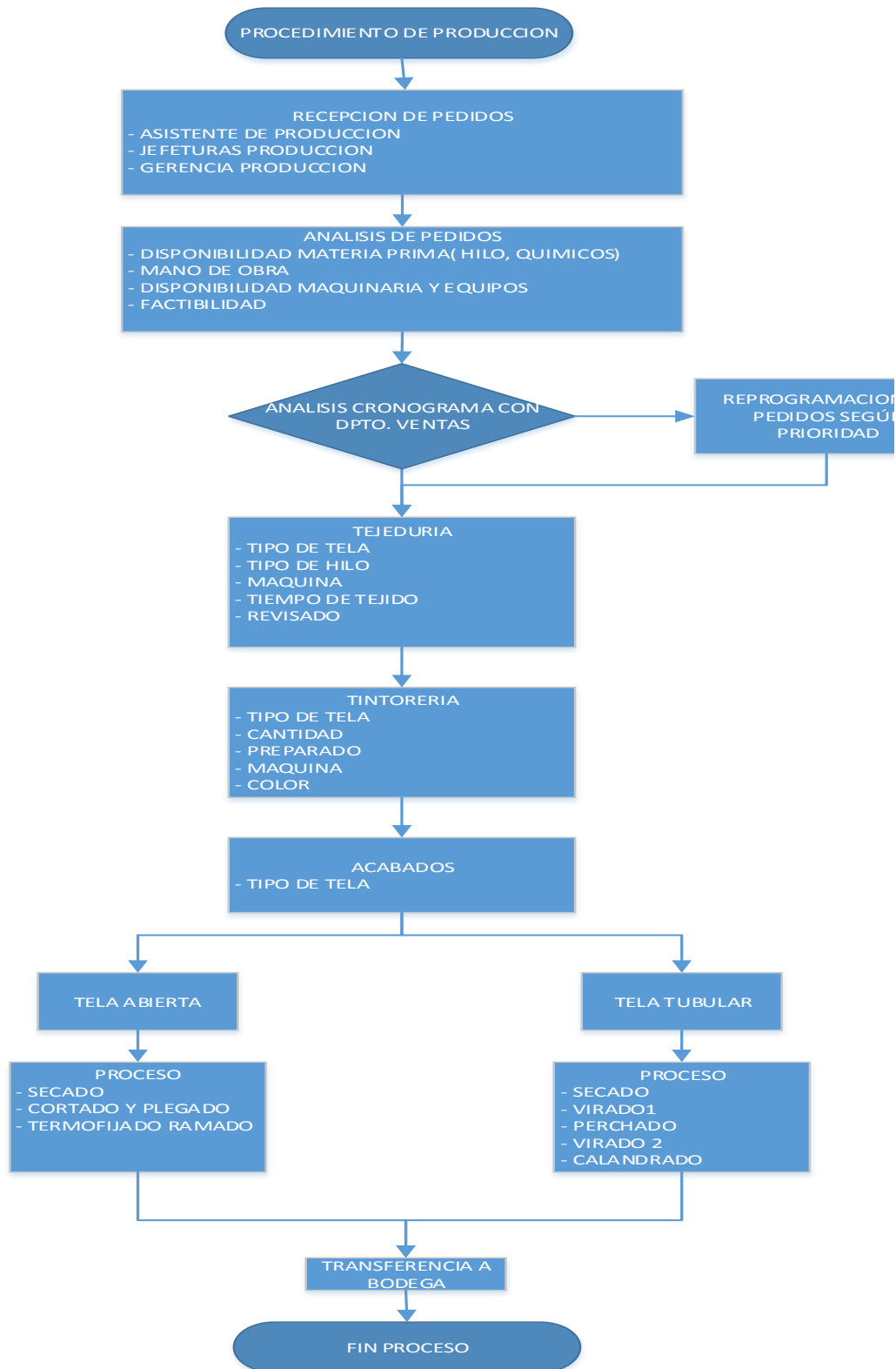


Figura 8-1 Diagrama de procesos de empresa

Fuente: Empresa ANDELAS

1.3.1.3 Producción textil de la empresa.

Materia prima.

Hilo Poliéster



Figura 9-1 Conos de hilo poliéster

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Hilo Poliéster es un hilo hecho de cualquier polímero sintético, y es mejor conocido por su asociación con la tela poliéster, la cual pasa a ser una resina céntrica, tela de fibras, resistente a las arrugas.

La familia del hilo poliéster tiene muchos hilos céntricos poliéster dentro de su categoría, tales como Poliéster Spun (hilos utilizados en tejidos de punto) o Poliéster Spun en anillo (Menendez, 2013).

Hilo de Algodón



Figura 10-1 Cono de hilo de algodón
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

El algodón es una fibra vegetal natural de gran importancia económica como materia prima para la fabricación de tejidos y prendas de vestir.

Para tejer se utiliza el telar y dos conjuntos de hilos, denominados respectivamente urdimbre (o pie) y trama. Los hilos de la urdimbre van a lo largo del telar, mientras que los de la trama van en dirección transversal (Menendez, 2013).

Hilo de Algodón Poliéster



Figura 11-2 Conos de hilo de algodón
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

El Hilo de Algodón Poliéster es actualmente un tipo de hilo muy buscado. Este es una mezcla de poliéster y algodón en variadas proporciones. Este particular hilo goza de muy buena aceptación entre los consumidores a nivel mundial, y esto es debido a que este hilo representa un verdadero valor en dinero.

El Hilo de Polialgodón, se comercializa especialmente el Hilo de Algodón Peinado y Cardado Hilado por anillos, el hilo está disponible en formas únicas o entrelazadas (Menendez, 2013).

Spandex (LYCRA)



Figura 12-1 Conos de Spandex

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

El elastano o spandex es una fibra sintética muy conocida por su gran elasticidad, conocida como LYCRA debido a la empresa estadounidense de nombre de marca LYCRA®. No es un tejido sino una de las fibras que componen un tejido. Sus propiedades son de dar elasticidad y mayor calidad que otros elastanos. La fibra LYCRA® es un elastano, pero todos los elastanos no son de marca LYCRA® (Menendez, 2013).

Productos de la empresa

En la tabla 1-1 se presenta el peso, metraje y forma es decir la gama de productos elaborados en la empresa ANDELAS.

Tabla 1-1 Productos de la empresa ANDELAS

Falso fleece			
Composición	Ancho (m) (Tubular)	Rendimiento (m)	Gramaje (g/m)
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón)	0,98	1,90	567
Jersey lycra delgada			
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón)	1,8	2,10	265
Jersey lycra gruesa			
92% polialgodon peinado (65% poliéster 35% algodón) y 8% lycra	0,86	1,90	612
Jersey			
Polialgodon peinado (65% poliéster 35% algodón)	0,96	3,20	326
Piquet			
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón)	1,25	1,90	421
Fleece lycra			
96% polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón) y 4% lycra	0,86	1,90	612
Interlock			
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón)	1,00	2,00	500
Interlock galleta			
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón)	0,85	2,60	452
Byd			
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% algodón)	0,72	4,20	331
Kiana			
100% Poliéster	1,10	4,60	198
Interlock lycra			
48% Polialgodon peinado (65% poliéster 35% Algodón)	0,90	2,40	463
Reeb			
Polialgodón peinado (65% poliéster 35% Algodón)	0,60	3,50	476
Forro perforado			
100% Poliéster	1,40	6,00	119
Punto de roma			
100% Poliéster	0,80	2,75	455

Fuente: (Menendez, 2013)

1.3.2 Marco conceptual

1.3.2.1 Agua residual de la industria textil

“Las aguas residuales industriales son aquellas aguas cuya calidad se ve afectada negativamente debido a su utilización en los diferentes procesos de producción de las industrias, estos efluentes poseen contaminantes específicos dependiendo del tipo de industria que provienen” (Ramos, 2017, pág. 5).

De acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, se describe a las aguas residuales como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

1.3.2.2 Industria textil en el Ecuador

La producción textil en el Ecuador inicio su desarrollo con la aparición de las primeras industrias que en un principio se dedicaron al procesamiento de lana, hasta que a inicios del siglo XX se introdujo el algodón; material que impulsó la producción hasta la década de los 50, momento en el que se consolidó la utilización de esta fibra.

Actualmente la industria textil y de confecciones elabora productos provenientes de todo tipo de fibras como el algodón, poliéster, nylon, lana y seda. A pesar de que somos mundialmente conocidos como exportadores de productos naturales, en los últimos 60 años Ecuador ha ganado un espacio dentro de este mercado competitivo, convirtiéndose es una de las actividades más importantes, generando empleo a más de 46,240 artesanos del país y ocupando el segundo lugar en el sector manufacturero seguido de los alimentos, bebidas y trabajo en generación de empleo directo (Pamela, 2013, pág. 2).

1.3.2.3 Principales contaminantes de la Industria Textil

Cada etapa del proceso de producción aporta en la totalidad de la carga contaminante y por lo tanto se evidencia en la composición de las aguas residuales.

“El aporte a la carga contaminante de los procesos de tinturado es considerable y esto depende del tipo de colorante utilizado en la tintura, por lo general se presentan bajas cantidades de sólidos suspendidos y altas cantidades de DQO y DBO₅ (Paredes, 2013, págs. 30-31).

Tabla 2-1 Clasificación de los contaminantes de las aguas residuales de la industria textil

CLASIFICACIÓN	EFFECTOS CONTAMINANTES
Materias en suspensión: (residuos minerales, fibras, sustancias insolubles.), son relativamente escasas en los efluentes textiles, excepto en los lavaderos de lana.	Las materias disueltas se depositan lentamente sobre los cursos de agua, si el depósito es importante afecta la vida acuática. Cuando estas materias son de naturaleza orgánica se descomponen progresivamente agotando el oxígeno y generando gas tóxico y mal olor.
Materias flotantes: aceites grasos y espumas	Disminuye el crecimiento de la flora acuática al impedir la penetración de la luz. Los aceites en particular son tóxicos y perturban la aireación de los cuerpos acuáticos y destruyen la vegetación. La industria textil sólo genera grasas y aceites de forma importante en el lavado de la lana y en los procesos de estampación en los que intervienen pastas de petróleo. Los tensoactivos son de uso generalizado y en concentraciones bajas (1 - 3 mg/L) son suficientes para generar espuma al verter el agua incluso después de un proceso de depuración. No obstante si las cantidades de tensoactivos son pequeñas la espuma desaparece después de muy pocos metros del vertido.
Impurezas disueltas: Son contaminantes presentes en las aguas residuales industriales textiles de mayor importancia, entre estos se encuentran: ácidos, álcalis, reductores, oxidantes, colorantes y un sin número de productos auxiliares todos ellos solubles en agua.	Los reductores y la materia orgánica disuelta consumen el oxígeno. Algunos de los productos contaminantes disueltos pueden ser además tóxicos, como los derivados fenólicos, transportadores de tintura, cromo, grasa, aceites, metales pesados, etc.

Fuente: (Paredes, 2013, págs. 30-31).

1.3.2.4 Caracterización de aguas residuales

Las aguas residuales son únicas en sus características por su lugar de procedencia, los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio dependiendo el tipo de agua residual, se aplica los siguientes parámetros:

Tabla 3-1 Las principales características físico-químicas y microbiológicas del agua residual

Características organolépticas	
Color	Depende de la descomposición del agua y de ciertos minerales
Olor-sabor	Presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos
Características físicas	
Sólidos totales	Se dividen en sólidos disueltos y sólidos suspendidos
Sólidos disueltos	Se encuentran en el agua en forma de gases o sales
Sólidos suspendidos	Se determinan por la diferencia entre sólidos totales y sólidos disueltos, se obtiene para el dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual.
Sólidos sedimentables	Es el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente
Turbiedad	Es la presencia de impurezas que se encuentran suspendidas en el agua que dificultan el paso de la luz.
Temperatura	Influye en la viscosidad y en la cinética de las reacciones químicas
Conductividad	Es la capacidad del agua para conducir electricidad, por la presencia de sales disueltas como iones de Ca, Mg, Na, P, etc.
Características químicas	
Potencial de hidrogeno	Determina las condiciones ácidas y básicas en el agua
Acidez	Se considera ácida al agua cuando tiene un valor <8,5 y por la presencia de ácidos fuertes.
Componentes orgánicos	
Carbohidratos	Son sustancias biodegradables que se encuentran en forma de azúcares, almidones, celulosas, fibras, entre otras
Aceites y grasas	La presencia de grasas en el agua puede impedir procesos biológicos importantes.
Detergentes	Son sustancias encargadas de la disminución de la tensión superficial del agua y se caracterizan por producir espuma es perjudicial para la absorción y disolución del oxígeno en el agua.
Componentes inorgánicos	
Nitrógeno	Produce el incremento de la eutrofización y se encuentra en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrito
Fosfatos	Es partícipe de la proliferación de algas, al igual que el nitrógeno
Características biológicas	
Coliformes Fecales	Estas bacterias son Gram negativas aeróbicas y anaeróbicas facultativas, de forma redonda y que no forman esporas. En su gran mayoría son <i>Escherichia coli</i> y algunas especies de <i>Klesbiella</i> . Además son capaces de tolerar altas temperaturas y se reproducen en gran cantidad por condiciones favorables de pH, temperatura, etc.

Fuente: (EDDY, 1995, págs. 538-540).

Para el análisis de las aguas de las industrias textiles en el Ecuador se utilizan los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).

Tabla 4-1 Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio	-----	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	Bo	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color Real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0

Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 – 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁺²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C	mg/l	Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

Fuente: (Tulsma, 2015). Tabla 9. Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

1.3.2.5 Tratamiento de aguas residuales en la industria textil

En el tratamiento de aguas residuales primero hay que hacer un monitoreo para determinar el caudal de diseño y de este monitoreo hay que sacar una muestra compuesta que de acuerdo con (APHA A. W., 1989, págs. 37-38) “La muestra compuesta se refiere a una mezcla de muestras sencillas recogidas en el mismo punto pero en tiempos distintos, para calcular la carga o eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales”.

Para comenzar con tratamiento de las aguas residuales de la industria textil es necesario hacer una caracterización para saber los límites que están fuera del rango que permita comparar con los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015). (Ramos, 2017, pág. 11).

Según lo hablado anteriormente para tener una idea clara de que tipo de tratamiento tenemos que realizar al agua residual nos enfocamos en los indicadores de contaminación orgánica.

Indicadores de contaminación orgánica

Cuando se conocen los valores de los indicadores de contaminación orgánica como el DQO y el DBO tenemos la pauta de inicio para dar un tratamiento adecuado al agua residual de cualquier procedencia.

Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO se basa en la oxidación química de todos los carbonos orgánicos mediante oxidación con ácido dicrómico, se usa a menudo para medir los contaminantes en las aguas naturales y residuales y para evaluar la fuerza de desechos tales como aguas residuales municipales e industriales (David L, Russel, 2012, pág. 88).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

“La DBO se basa en la reducción del oxígeno disuelto por organismos aclimatados consumiendo (oxidando) carbono orgánico en el agua residual” (Russel, 2012, pág. 88).

Índice de Biodegradabilidad

El índice de Biodegradabilidad representa la naturaleza del efluente, este parámetro nos ayuda a decidir el tratamiento adecuado para el efluente residual. Cuanto menor es este índice, mayor es la fracción de componentes difícilmente biodegradable. Un índice de Biodegradabilidad sencillo y ampliamente utilizado es la relación DBO5/DQO (AYALA, 2011, pág. 41).

Tabla 5-1 Relación entre parámetros DBO5 y DQO (Índice de Biodegradabilidad)

$\frac{DBO_5}{DQO}$	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
> 0,5	Muy biodegradable	Materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.
0,5 – 0,2	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.
< 0,2	No biodegradable	Materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

Fuente: (EDDY, 1995, pág. 40).

Conocido el valor del índice de Biodegradabilidad se optara por el tratamiento más adecuado ya sea bilógico o físico químico.

1.3.2.6 Rediseño de la planta de aguas residuales

Para rediseñar e implementar procesos en la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa ANDELAS, se basó el estudio en el agua del tanque de aireación ya que aquí se evidencia el mal funcionamiento en el tratamiento, lo que nos lleva hacer los cálculos de ingeniería para rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales y mitigar el problema.

Tratamiento físico químico

Para este estudio hemos optado por el tratamiento físico químico ya que el índice de Biodegradabilidad es menor a 0,2 que se verá más adelante en los cálculos de ingeniería. La propuesta para un rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS consta de: un mezclador rápido de turbina donde se dosificaran los coagulantes y floculantes, un sedimentador, un filtro combinado de arena con carbón.

Mezcladores rápidos mecánicos de Turbina.

El mezclador rápido mecánico se eligió debido a que cumple las mismas funciones que un floculador de pantallas además es específico para el tratamiento de aguas residuales, se puede controlar la velocidad de agitación, es menos costoso, ocupa menos espacio y es más funcional. Se consideró los parámetros para su diseño basado en el programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992, y el manual de diseño y funcionamiento de mezcladores mecánicos de Roberth, Mott (Robert L. Mott, 2006, págs. 61-64). “Se llama coagulación – floculación al proceso por el cual las partículas que contiene el agua, se aglutinan en pequeñas masas con peso específico mayor que el del agua, llamadas "floc"” (Perez, 2012, págs. 36-37).



Figura 13-1 Paletas del mezclador rápido de turbina

Fuente: (flow Control and Handling S. A., s.f.).

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Desinfección

La desinfección se puede realizar de distintas formas:

Hipoclorito de calcio. Se encuentra en estado sólido al 65 % aproximadamente y es muy soluble en agua, la solución obtenida se emplea mediante una bomba peristáltica.

Hipoclorito de sodio. Se encuentra en estado líquido y se le considera como una sustancia totalmente corrosiva. La dosificación es muy conveniente en fuentes pequeñas de agua potable para el abastecimiento de poblaciones pequeñas.

Cloro gas. Como su nombre lo indica, se encuentra en estado gaseoso y se aplica mediante el uso de un cilindro, el cloro gas esta comprimido a presión vacío y es la forma más económica de clorar para la desinfección de agua.

Coagulantes y floculantes

Policloruro de Aluminio.

Es un coagulante inorgánico líquido base policloruro de aluminio, indicado principalmente para remover materia coloreada y coloidal en suspensión en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales, como reemplazo de sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras sales inorgánicas (ISA, 2009).

Beneficios

- Rápida formación de flóculos.
- Tiempos cortos para reaccionar y sedimentar.
- Mejora en la remoción de color.
- Muy versátil para tratar aguas de variada turbiedad, alcalinidad y contenido de materia Orgánica.
- Comparado con el sulfato de aluminio, presenta un mejor efecto de coagulación, aun cuando se trata agua a bajas temperaturas ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Menor turbidez en la filtración.
- Aumento de la operación de filtros.
- Reducción en la frecuencia de retro lavados en los filtros.
- Reducción de lodos de un 25-75%.
- Operación simplificada al eliminar reguladores de pH.
- Menor costo de operación

Aplicación

PAC de AWT ofrece características de desempeño únicas, cuando se compara con productos convencionales, como sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, etc. PAC de AWT es el producto ideal en las siguientes aplicaciones:

Se emplea como el coagulante primario en plantas de tratamiento de agua potable municipales e industriales, reemplazando la necesidad de otros coagulantes, como alum, y en muchos casos eliminando o al menos reduciendo notablemente la necesidad de químicos reguladores de pH, ayuda a la coagulación y ayuda a la filtración (ISA, 2009).

Chem-Floc

Es un floculantes primarios acelera la separación de sólidos de líquidos en las aguas residuales en bruto y produce un floculo grande, más pesado que se instala más rápido, deshidrata rápidamente, filtra mejor y mejora la calidad del agua. El tratamiento elimina grandes cantidades de DBO y sólidos en suspensión a partir del efluente primario. Esto disminuye la cantidad de lodo secundario o activado a medida que aumenta la tasa de deshidratación de lodos. Hay menos lodo secundario formado por libra de DBO eliminado que capta todas las fases de tratamiento de lodos (Industries, 2007).

Sedimentador de flujo horizontal de tasa alta

Las partículas de los sólidos suspendidos son retenidos en las placas superiores y luego caen para sedimentarse, lo que permite convertir este en un proceso autolimpiable, además los factores que ayudan a la sedimentación son incremento del área de la sedimentación, reducción de la elevación de desplome de la partícula, y el régimen de flujo laminar.

Se tomó en consideración el diseño del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta por su fácil operación, alta eficiencia para decantación de sólidos suspendidos, costos moderados, espacio adecuado, se tuvo en cuenta siempre los criterios de diseño de las normas RAS 2000 (Tenemaza, 2015).



Figura 14-1 Sedimentador horizontal

Fuente: (Emzulia, 2014)

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Sistema de Filtración

Filtración lenta

La filtración lenta, es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo biológico del filtro ni reducir la eficiencia de remoción microbiológica. El proceso consiste en filtrar el agua no tratada lentamente a través de una cama porosa de arena, el agua entra a la superficie del filtro y luego drena por el fondo. Construido adecuadamente, el filtro consiste en un tanque, una cama de arena fina, una capa de

grava que soporta la arena, un sistema de sub-drenajes para recoger el agua filtrada y un regulador de flujo para controlar la velocidad de filtración (López, 2013).

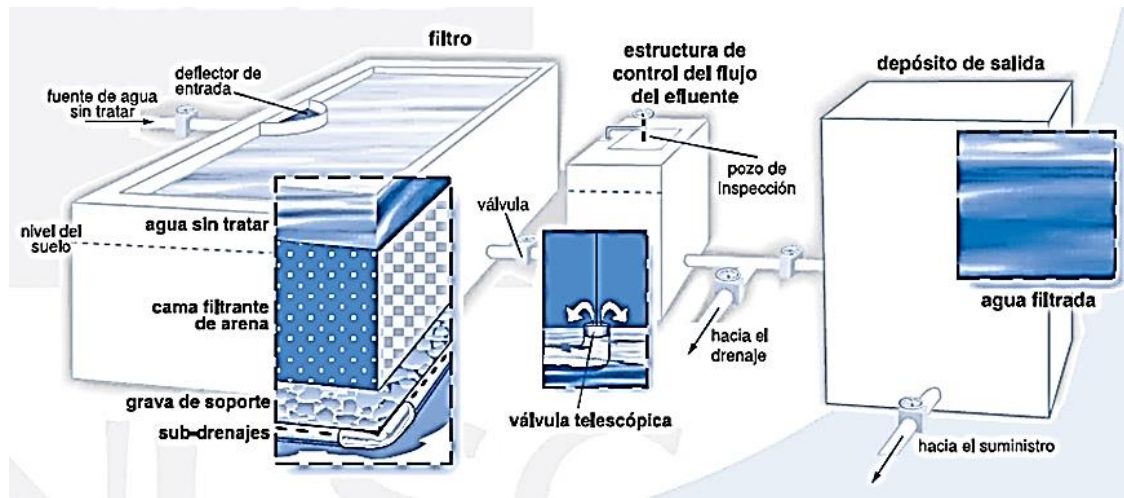


Figura 15-1 Filtro lento

Fuente: (Vargas.CEPIS-OPS, 2014)

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Limpieza del filtro lento

Para la limpieza del filtro lento se debe diseñar una tubería de desfogue del agua tratada o un falso fondo, además se debe cerrar las tuberías de ingreso del agua hasta que permanezca a ras del medio filtrante. Para su limpieza se debe raspar de 1 a 2 cm de la superficie del lecho filtrante, una vez limpio el excedente se lo deposita en un recipiente, una vez que se encuentre lleno dicho recipiente, la arena se puede lavar nuevamente, mientras que el carbón activado se lo debe llevar a un lugar óptimo para su reactivación, se recomienda este filtro lento para aguas residuales con una carga superficial menor a $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$, es decir que deben contar con un tratamiento previo (Vargas.CEPIS-OPS, 2014).

Filtro de Carbón activado

La filtración por carbón activo se emplea en la industria azucarera, química, farmacéutica, refresquera, etc. así como en el tratamiento de aguas, debido a su gran capacidad de adsorción de diversos elementos, sumado a la posibilidad de limpieza del lecho filtrante con gran facilidad y rapidez, así como a la capacidad de regeneración del mismo.

Limpieza del lecho filtrante

El sistema más simple, pero no completamente eficaz de limpieza del lecho filtrante es el contralavado con agua (comúnmente llamado retro-lavado), mediante el cual se produce un arrastre de partículas y una expansión del lecho de aproximadamente un 20%. Además, según la cantidad y tipo de sustancias retenidas, será preciso, cada cierto tiempo, regenerar el carbón mediante la oxidación de la materia orgánica, etc. En estos procesos se destruye una pequeña cantidad del carbón activo que deberá ser sustituida a futuro (Vargas.CEPIS-OPS, 2014).

Componentes del Filtro Lento

El filtro lento estará compuesto de tres capas como son : la grava, arena y carbón activado. El material con el que se construya debe ser resistente a la corrosión es por eso que se emplea hormigón para retener partículas que se escaparon del proceso anterior y desinfectarlo a la vez a través de su capa biológica. Se propuso su diseño por su gran eficacia en disminución de olor, color y desinfección. Para lo cual se consideró los parámetros de diseño basados en los libros de (Bucay, 2014, pág. 37).

Lecho de secado

El lecho de secado de lodos es en general el último componente de una planta de tratamiento de aguas servidas, aunque algunas veces se incluye también en plantas potabilizadoras, principalmente cuando el agua a potabilizar es derivado de un río o arroyo.

Según (Ramos, 2017, pág. 24) los lodos generados en la industria textil son una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas que se caracterizan por un alto contenido de residuos de metales provenientes de los colorantes, coloración oscura y puede presentar olores característicos (en dependencia de los residuos que contengan).



Figura 16-1 Lecho de secado de lodos

Fuente: (APHA A. E., 1992, pág. 91)

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 *Directos*

Como beneficiarios directos con este trabajo de titulación es la Empresa Textil “ANDELAS Compañía Limitada” ya que este estudio es enfocado en el rediseño de la planta de tratamiento del agua residual de los procesos productivos.

1.4.2 *Indirectos*

- Los beneficiarios indirectos son la población de los barrios aledaños en la zona baja del río Cutuchi y río Patate que serán beneficiados si la empresa implementa este estudio a su planta de tratamiento de aguas residuales.
- En la parte Ambiental también se benefician los habitantes de las poblaciones aledañas ya que la contaminación disminuye.
- En la zona Agrícola el beneficio es eminente ya que la contaminación quedaría en la empresa disminuyendo así el contaminante del río que baña estas poblaciones ya que es una zona netamente agrícola.

CAPITULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 General

- Rediseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, de la Empresa Textil ANDELAS, ubicada en el Parque Industrial Ambato.

2.2 Específicos

- Determinar las características físico – química y microbiológica de las aguas residuales, basadas en los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).
- Identificar las variables de proceso apropiadas para el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales según los resultados obtenidos en la caracterización del efluente.
- Validar el diseño propuesto considerando la caracterización físico – química y microbiológica del agua tratada, en base a los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).
- Proponer una disposición final de los lodos generados en la planta.

CAPÍTULO III.

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del Proyecto

ANDELAS Cía. Ltda. es una empresa textil dentro de la industria de Fábricas de tejido de fibras sintéticas en Tungurahua. La empresa está situada en la última etapa del parque industrial de Ambato junto a dos de las empresas grandes como es el camal de Ambato y la Curtiduría Tungurahua.

Tabla 1-3 Características geográficas de la empresa ANDELAS

UBICACIÓN	La empresa textil ANDELAS se encuentra al norte de la ciudad de Ambato en el parque industrial, III etapa, en la provincia de Tungurahua en Ecuador.
LATITUD	9867965,48 m
LONGITUD	768725,77 m
ALTITUD	2675 msnm
TEMPERATURA	22°C

Fuente: (TerraMetrics, 2017)

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017



Figura 1-3 Ubicación satelital de la empresa ANDELAS

Fuente: (TerraMetrics, 2017)

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Tipo de estudio

El proyecto presentado es de tipo técnico, el estudio analítico-descriptivo es considerado para este proyecto uno de los adecuados ya que los datos recolectados son controlados de una forma experimental.

3.2.2 Métodos y Técnicas

3.2.2.1 Métodos

Los métodos tomados como referencia para este estudio son: inductivo, deductivo y experimental, los cuales nos darán la facilidad en el estudio para el rediseño de la planta de aguas residuales de la empresa ANDELAS. La medición del caudal se realiza in situ en el tanque de recolección de agua (cisterna) de las máquinas y al momento de la descarga al sistema de alcantarillado y de igual manera la toma de muestras con el fin de reunir información necesaria para el presente proyecto.

a. Método inductivo

Este método es utilizado para dar a conocer en un nivel porcentual los contaminantes presentes en el agua residual de la empresa. Para el análisis de laboratorio se toma la muestra y el valor del caudal al momento de la descarga al sistema de alcantarillado del parque industrial, con esto se consigue ejecutar los análisis del laboratorio que se denominan caracterización (físico, químico y microbiológico) que provee datos confiables para la ejecución del proyecto de investigación.

b. Método deductivo

El método deductivo se basa en datos generales pero válidos, que nos lleva a encontrar soluciones al problema que tiene las aguas residuales de la empresa ANDELAS en cuanto a contaminación al ambiente se refiere. Realizando los análisis físicos- químicos y microbiológicos se obtuvieron resultados que luego se compararon con los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015). Datos que fueron tabulados y analizados para posteriormente rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales.

c. Método experimental

Este método está basado en el uso de equipos e instrumentos específicos acerca de la caracterización de las aguas residuales de la empresa y demostrar con autenticidad los datos obtenidos de la toma de muestras. Todo este proceso de tratamiento del agua residual de la empresa se realiza con una simulación a escala en el laboratorio en base al porcentaje de remoción y eficiencia de cada equipo del sistema de tratamiento y finalmente se ejecutó el rediseño de la planta de planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa textil ANDELAS.

3.2.2.2 Técnicas

Según (CRITES, 2000, pág. 25) podemos decir que las técnicas de muestreo y análisis usadas para caracterizar las aguas residuales van desde determinaciones químicas cuantitativas y precisas, hasta determinaciones microbiológicas y físicas cualitativas.

Para esta investigación se basa en las normas y técnicas para caracterización físico-químico y microbiológica, que se encuentran establecidas en el manual de procedimientos técnicos del laboratorio de control de calidad de la E.P – EMAPA-G, fundamentados en el (Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater)

Las técnicas que se utilizaron desde que se empezó con el tratamiento del agua residual fueron dos: las técnicas in-situ y las técnicas de laboratorio.

▪ *Técnicas in-situ*

Las características del agua residual en algunos casos son inestables y es recomendable que algunos parámetros sean medidos en el tiempo preciso y en campo.

Caudal

En la tabla 2-3 que se presenta a continuación esta detallado como aplicar la técnica de medición del caudal:

Tabla 2-3 Medición del caudal

Fundamento	Materiales	Reactivos	Técnica	Cálculos
Se define como el volumen del líquido mediante un tiempo transcurrido.	Cronometro Balde volumétrico graduado	Agua Residual	Llenar el balde con el agua residual, tomamos el tiempo que se tarda en llenar. Repetir el procedimiento las veces que sean necesarias.	El caudal se calcula con la relación volumen sobre el tiempo.

Fuente: (Ramos, 2017, pág. 57)

Temperatura

En este estudio la temperatura no tiene relevancia ya que los análisis se realizaron a temperatura ambiente. Pero a continuación en la tabla siguiente se detalla la técnica para la medición de la temperatura si se da el caso:

Tabla 3-1 Método termométrico 2550 A.

Concepto	Materiales	Reactivos	Procedimiento	Cálculos
Magnitud que mide el estado térmico de in sistema termodinámico en equilibrio.	Termómetro	Agua	Introducir el bulbo del termómetro en la muestra. Esperar unos segundos hasta que se estabilice. Tomar nota del valor de temperatura.	Lectura

Fuente: (Ramos, 2017, pág. 59)

- *Técnicas de laboratorio*

En este estudio se hace referencia a los métodos generales normalizados en el APHA como se ve en la tabla 4-3.

Tabla 4-3 Análisis Físico – químicos en aguas: Métodos Normalizados

COLOR Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 2120-C (Método espectrofotométrico)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El color de un amuestra filtrada se expresa en términos que describe la sensación percibida al observar la tonalidad (rojo, verde, amarillo, etc.)se designa como “longitud de onda dominante” el grado de brillantez como “lumunancias” y la saturación (pálido, pastel, etc.) como “pureza”.	-Espectómetro -Sistema de filtrado <ol style="list-style-type: none"> 1. Matraces de filtrado 2. Soporte de crisol Walter 3. Crisol de filtro micrometálico 4. Auxiliar de filtrado por calcinación 5. Sistema de vacio 	-Agua filtrada	- <i>Preparación de la muestra:</i> tómnese dos muestras de 50ml a temperatura ambiente. - <i>Determinación de las características de transmisión de la luz:</i> lavar y limpiar los nidrios ópticos y a continuación llevar la muestra filtrada.	-Tabúlense los valores de transmitancia correspondientes a las longitudes de onda. -Calcúlense los coeficientes tricométricos x, y a partir de los valores triestímulo X, Y y Z con la siguiente formula: $x = \frac{X}{X + Y + Z}$ $y = \frac{Y}{X + Y + Z}$
TURBIDEZ Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 2130 B (Método nefelométrico)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y dispersada por una solución patrón de referencia e idénticas condiciones. Cuando mayor es la intensidad de	-Turbidímetro - Tubos de muestra	-Agua libre de turbidez. -Suspensión de turbidez de reserva. - Suspensión der turbidez estándar. -Estándares alternativas. -Estándares diluidos de turbidez.	- <i>Calibrado de turbidímetro:</i> sígase las instrucciones del fabricante. - <i>Medida de turbidez menores de 40 UNT:</i> Agítese cuidadosamente la muestra. Espere hasta que desaparezca las burbujas de aire y viértase la muestra en el tubo del turbidímetro.	Unidades nefelométricas de turbidez (UNT) $= \frac{Ax(B + C)}{C}$

la luz dispersada, más intensa es la turbidez.			<p>-Medida de turbidez superiores a 40 UNT: dilúyase la muestra con uno o más volúmenes de agua libre de turbidez hasta que ésta descienda a 30-40 UNT.</p> <p>-Calíbrese soluciones de monitorización continua de turbidez para cifras bajas de ésta , mediante determinación de la turbidez del agua que entra y sale por ellas, utilizando un turbidímetro modelo de laboratorio.</p>	
--	--	--	--	--

pH Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 4500 H⁺ B (Método electrométrico)

PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PRCEDIMIENTO	CÁLCULO
Consiste en el monitoreo de la actividad de los iones de hidrogeno.	<ul style="list-style-type: none"> -Medidor de pH -Electrodo de referencia -Electrodo de vidrio -Vasos de precipitación -Cámara de flujo 	<ul style="list-style-type: none"> -Preparación general de la solución tapón. -Solución de tartrato ácido de potasio. -Solución saturada de hidróxido de calcio. -Soluciones auxiliares: NaOH 0,1 N, HCL 0,1 N. 	<ul style="list-style-type: none"> -Calibrado del aparato: síganse las instrucciones del fabricante. -Análisis de la muestra: establecer el equilibrio entre electrodos y muestra agitando ésta para asegurar su homogeneidad. 	

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 2510 B (Método del dietilaminoetil (DEAE))

PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El método se basa en la suposición de que las SAH son los principales	<ul style="list-style-type: none"> -Aparato de filtración de membrana. -Papel o tiras preimpregnados de tinte. 	<ul style="list-style-type: none"> -Agua, libre de COD. -DEAE celulosa. 	<ul style="list-style-type: none"> -Concentración y conservación de la muestra: recójanse y almacénense las 	<ul style="list-style-type: none"> -Calcúlese la concentración de las SAH como:

ácidos orgánicos disueltos presentes.	-Embudo buchner. -Papel filtro.	-HCl 0,1 N y 0,5 N. -NaOH 0,1 N y 0,5 N. -Patrones de COD. -KCl 0,01 N. -H ₃ PO ₄ conc.	muestras en envases de vidrio libre de compuestos orgánicos. -Preparación del DEAE celulosa: añadida 70 g de DEAE celulosa a 1000 ml de HCl 0,5 N y agítese suavemente durante una hora. -Cromatografía: añadida 10 ml de agua a 1 g de DEAE para formar una pasta y llevar a una columna de 1 x 20 cm equipada con un taco de lana de vidrio pequeño para crear un lecho de columna de 1 cm de profundidad, aclárese la columna con 50 ml de KCl 0,01 N (ajustada a un pH de 6 con HCl o NaOH 0,01 N) justo antes de la concentración de la muestra.	$SAH \text{ mg} \frac{COD}{l} = \left[\frac{(A-B) \times C}{D} \right]$
---------------------------------------	------------------------------------	---	---	--

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS Método de Referencia: Standard Methods, Ed.22. 2012: **2510 B** (Método del dietilaminoetil (DEAE))

PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El método se basa en la suposición de que las SAH son los principales ácidos orgánicos disueltos presentes.	-Aparato de filtración de membrana. -Papel o tiras preimpregnados de tinte. -Embudo buchner. -Papel filtro.	-Agua, libre de COD. -DEAE celulosa. -HCl 0,1 N y 0,5 N. -NaOH 0,1 N y 0,5 N. -Patrones de COD. -KCl 0,01 N. -H ₃ PO ₄ conc.	-Concentración y conservación de la muestra: recójense y almacénense las muestras en envases de vidrio libre de compuestos orgánicos. -Preparación del DEAE celulosa: añadida 70 g de DEAE celulosa a 1000 ml de HCl 0,5 N y agítese suavemente durante una hora.	-Cálculése la concentración de las SAH como: $SAH \text{ mg} \frac{COD}{l} = \left[\frac{(A - B) \times C}{D} \right]$

			-Cromatografía: añada 10 ml de agua a 1 g de DEAE para formar una pasta y llevar a una columna de 1 x 20 cm equipada con un taco de lana de vidrio pequeño para crear un lecho de columna de 1 cm de profundidad, aclárese la columna con 50 ml de KCl 0,01 N (ajustada a un pH de 6 con HCl o NaOH 0,01 N) justo antes de la concentración de la muestra.	
DUREZA TOTAL Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 2340 C (método titulométrico de EDTA)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Si se añade EDTA como reactivo de titulación, los iones calcio y magnesio formaran un complejo, y, cuando todos estos iones estén incluidos en dicho complejo la solución cambiara a rojo vino al azul señalando el punto final de la titulación.		-Solución tapón -Agentes complejantes -Indicadores (negro de eriocromo, calmagita) -Titulante EDTA estándar, 0,01 M -Solución de calcio estándar -Hidróxido de sodio, NaOH,0,1 N	- <i>Tratamiento previo de muestras de aguas contaminadas y residuales:</i> utilice la digestión de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o bien el ácido nítrico perclórico. - <i>Titulación de muestras:</i> seleccione un volumen de muestra que requiera menos de 15 ml de reactivo EDTA y realice la titulación en cinco minutos. - <i>Muestras de dureza baja:</i> añádase lentamente titulante EDTA por medio de una microbureta y realice un blanco utilizando agua bidestilada o	Dureza EDTA como mg de CaCO ₃ $= \frac{Ax Bx 1000}{ml \text{ de muestra}}$

			desionizada del mismo volumen que la muestra.	
NITROGENO AMONIACAL Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 4500 – NH₃ F (Método de electrodo selectivo)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
En el electrodo selectivo de amoniaco se utiliza una membrana hidrófoba permeable al gas para separar la solución de muestra de una solución interna del electrodo de cloruro de amonio.	-Electrómetro. -Electrodo selectivo de amoniaco. -Agitador magnético	-Agua exenta de amoniaco. -Hidróxido de sodio 10 N. -Solución madre de cloruro de amonio. -Solución patrón de cloruro de amonio.	- <i>Preparación de patrones:</i> prepárese una serie de soluciones patrón que cubran las concentraciones de 1000, 100, 10, 1 y 0,1 mg NH ₃ -N/l. - <i>Calibrado del electrómetro:</i> póngase 100 ml de cada solución patrón en un vaso de 150 ml y luego introducir el electrodo en el patrón de menor de concentración y mézclese con un agitador magnético. - <i>Preparación de la curva patrón</i> - <i>Calibrado del iometro específico:</i> consúltese las instrucciones del fabricante. - <i>Medida de las muestras:</i> si fuera necesario dilúyanse para llevar la concentración de NH ₃ -N al rango de la curva de calibración.	Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación. $mg NH_3 - H/l = Ax B \left[\frac{101 + C}{101} \right]$
SULFATOS Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 4500-SO₄²⁻ E (Método turbidimétrico)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El ion sulfato (SO ₄ ²⁻) precipita en un medio de ácido acético con	-Agitador magnético.	-Solución tapón A. -Solución tapón B.	- <i>Formación de turbidez con sulfato de bario:</i> Médanse 100 ml de muestra o	Se utiliza la siguiente ecuación:

<p>cloruro de bario (BaCl₂) de modo que forma sulfato de bario (BaSO₄) de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de (BaSO₄) con un fotómetro y se determina la concentración de (SO₄²⁻) por comparación de la lectura con una curva patrón.</p>	<p>-Fotómetro (Nefelómetro, espectrofotómetro, fotómetro de filtro). -Cronómetro o reloj eléctrico. -Cuchara de medida.</p>	<p>-Cloruro de bario. - Solución patrón de sulfato.</p>	<p>una porción adecuada llevada a 100 ml, en un Erlenmeyer de 250 ml. Añádanse 20 ml de solución tapón y mézclese en un agitador. <i>-Medida de la turbidez del sulfato de bario:</i> tras finalizar el periodo de agitación, viértase la solución en la cubeta del fotómetro y mézclase la turbidez a los 5 minutos. <i>-Preparación de la curva de calibración:</i> Calcúlese la concentración de SO₄²⁻ en la muestra comparando la lectura de la turbidez con una curva de calibrado preparada sometiendo los patrones de SO₄²⁻ al método completo. <i>-Corrección para el color y turbidez de la muestra:</i> corríjase el color y la turbidez realizando blancos a los que no se ha añadido BaCl₂.</p>	$\frac{mg SO_4^{2-}}{l}$ $= \frac{mg SO_4^{2-} \times 1000}{ml muestra}$
---	---	---	--	--

FLUORUROS Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 4500-F D (Método SPANDS)

PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Este método se basa en la reacción entre fluoruros y una laca coloreada de zirconio. El fluoruro reacciona con la laca coloreada,</p>	<p>-Equipo colorimétrico. -Espectrofotómetro.</p>	<p>-Solución patrón de fluoruro. -Solución de SPANDS. -Reactivo zirconil-ácido. -Reactivo zirconil ácido-SPANDS.</p>	<p><i>-Preparación de la curva patrón:</i> preparar patrones de fluoruro en la gama de 0 a 1,40 mg F/l, diluyendo cantidades apropiadas de solución</p>	$mg \frac{F^-}{l} = \frac{A}{ml muestra} \times \frac{B}{C}$ <p>Cuando se utiliza el patrón preparado de 0 mg F/l para ajustar el fotómetro.</p>

<p>disociando una parte de ella para dar un anión complejo incoloro (ZrF_6^{2-}) y el colorante.</p>		<p>-Solución de referencia. -Solución de arsenito de sodio.</p>	<p>patrón de fluoruro a 50 ml con agua destilada. Llévase con la pipeta 5,0 ml de reactivo zirconil-ácido o 10.0 ml de Reactivo mixto zirconil ácido-SPANDS, a cada patrón y mézclese bien. <i>-Tratamiento preliminar de la muestra.</i> <i>-Desarrollo del color:</i> use una muestra de 50,0 ml o una porción diluida a 50 ml con agua destilada.</p>	$\text{mg } \frac{F^-}{l} = \frac{A_0 - A_x}{A_0 - A_1}$
HIERRO TOTAL Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 3111 B (Método directo de llama de aire-acetileno)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Este método es aplicable en determinar: Sb, Bi, Cd, Ca, Cs, Co, Cu, Cr, St, Sn, Fe, Ir, Li, Mg, Mn, Ni, Au, Pb, Pt, k, Ro, Ru, Ni, Au, Pd, Ag, Na, Ta, Zn.</p>	<p>-Espectrofotómetro de absorción atómica y equipo asociado.</p>	<p>-Aire -Acetileno -Agua libre de metales -Solución de calcio -Solución de lantano -Ácido clorhídrico -Peróxido de hidrogeno -Ácido nítrico -Agua regia -Solución patrón de metales (Sb, Bi, Cd, Ca, Cs, Co, Cu, Cr, St, Sn, Fe, Ir, Li, Mg, Mn, Ni, Au, Ag, Pt, Pb, K, Ro, Ru, NA, Ta, Zn.</p>	<p><i>-Preparación de la muestra:</i> la preparación de la muestra requerida depende de la necesidad de medir únicamente los metales disueltos o los metales totales. <i>-Funcionamiento del instrumento:</i> debido a las diferencias entre las diversas formas y modelos de espectrofotómetros de absorción atómica, no es posible formular instrucciones aplicables a cada instrumento. véase el manual del fabricante.</p>	<p>Calcúlese la concentración de cada metal, en microgramos por litro para elementos traza y en miligramos en metales corrientes, utilizando la curva de calibración apropiada preparada.</p>

			<p>-Estandarización: selecciónese al menos tres concentraciones de cada solución patrón de metal.</p> <p>-Análisis de muestras: enjuáguese el nebulizador utilizando agua. Atomice un blanco y ajuste a cero el instrumento. atomice la muestra y determínese su absorbancia.</p>	
CIANURO Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 4500-CN E (Método colorimétrico)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
En el destilado alcalino obtenido en el tratamiento previo, CN ⁻ se convierte en CNCl por reacción con cloramina-T a pH < 8 sin hidrolizarse a CNO ⁻ .	-Equipo colorimétrico (Espectrofotómetro, fotómetro de filtro)	-Solución de cloramina -Solución madre de cianuro -Reactivo de piridina-acido barbitúrico -Fosfato de sodio dihidratado, 1 M.	-Preparación de la curva de calibración: prepare un blanco de solución de dilución de NaOH. -Desarrollo del color: ajústese el fotómetro a absorbancia cero cada vez que se utilice un blanco consistente en la solución de dilución de NaOH y todos los reactivos.	Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación: $CN, \frac{mg}{l} = \frac{Ax B}{Cx D}$
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅) Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 5210 D (Prueba DBO de 5 días)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
El método consiste en llenar con muestra hasta rebosar con muestra, hasta rebosar un frasco hermético del tamaño especificado e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El	-Botellas de incubación de 250 a 300 ml. -Incubadora	-Soluciones acida y básica, 1 N -Solución de sulfito sódico -Solución de glucosa-acido glutámico -Solución de cloruro de amonio	-Preparación de agua para dilución: colóquese el volumen deseado de agua en un frasco adecuado y añádase 1 ml de las soluciones de tapón fosfato, de MgSO ₄ , CaCl ₂ y de FeCl ₃ /l de agua.	Cuando el agua de dilución no está sembrado: $DBO_5 \frac{mg}{l} = \frac{D_1 - D_2}{P}$

<p>oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación.</p> <p><i>Este método también se aplica para la determinación del DQO.</i></p>			<p><i>-Control de agua de dilución:</i> utilice este procedimiento como una comprobación aproximada de la calidad del agua de dilución.</p> <p><i>-Solución de glucosa-acido glutámico:</i> debido a que la prueba de DBO es un bioensayo, sus resultados pueden verse influidos en gran medida por la presencia de sustancia tóxicas o por el uso de un material de siembra de baja calidad.</p> <p><i>-Siembra:</i> es necesario tener en cuenta una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable de la muestra.</p> <p><i>-Preparación de la muestra</i></p> <p><i>-Técnica de dilución</i></p> <p><i>-Determinación del OD inicial</i></p> <p><i>-Incubación</i></p> <p><i>- Determinación del OD final</i></p>	<p>Cuando el agua de dilución no está sembrado:</p> $DBO_5 \frac{mg}{l} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)}{P}$
OXÍGENO DISUELTO Método de Referencia: Standard Methods, Ed. 22. 2012: 4500- O G (Método de electrodo de membrana)				
PRINCIPIO	INSTRUMENTAL	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
<p>Los electrodos de membrana sensibles al oxígeno, de tipo polarográfico o galvánico, están compuestos por dos electrodos</p>	<p>-Electrodo de membrana sensible al oxígeno</p>		<p><i>-Calibrado</i> sígase el procedimiento de calibrado del fabricante.</p> <p><i>-Medición de la muestra:</i> sígase todas las instrucciones recomendadas por el</p>	

metálicos sólidos en contacto con un electrólito de soporte separado de la solución problema por una membrana selectiva.			fabricante para asegurar unos resultados aceptables.	
--	--	--	--	--

Fuente: (APHA A. E., 1992)

3.2.2.3 Muestreo

Las muestras se tomaron de una forma manual a diferentes horarios cuando las maquinas descargaban el agua residual a un canal que está construido por debajo de estas y que es conducido a la cisterna en donde una vez llena esta cisterna con la ayuda de una bomba es llevada esta agua al sistema de tratamiento de aquí con un balde graduado se tomó la muestra compuesta de los cinco días, la muestra compuesta se hizo en la hora que la descarga de agua es mayor, se llevó al laboratorio donde a esta muestra se le realizo una caracterización para saber los parámetros que estaban fuera de rango y darle un tratamiento adecuado a esta agua y ver la posibilidad de ser reutilizada nuevamente en los procesos.

La toma de datos se muestra en la Tabla 5-3 se detalla la planificación de muestreo para obtener una muestra compuesta de los días de monitoreo del caudal y para su posterior análisis físico-químico y microbiológico .

Tabla 5-3 Toma y recolección de muestras

Días	Muestra	Hora	Lugar
Martes (01 Nov.)	1	10:00 am 12:00 am 16:00 pm	Descarga al tanque de tratamiento
Martes (08 Nov.)	1	10:00 am 12:00 am 16:00 pm	Descarga al tanque de tratamiento
Miércoles (16 Nov.)	1	10:00 am 12:00 am 16:00 pm	Descarga al tanque de tratamiento
Jueves (24 Nov.)	1	10:00 am 12:00 am 16:00 pm	Descarga al tanque de tratamiento
Viernes (30 Nov.)	1	10:00 am 12:00 am 16:00 pm	Descarga al tanque de tratamiento
Total de muestras	5		

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.2.2.4 Equipos, materiales y reactivos

Los materiales , los equipos, la tecnología utilizados para el tratamiento de aguas residuales casi en todos los casos son similares dependiendo del origen de estas aguas y su volumen. Existen

métodos más avanzados pero su tratamiento es más costoso e implica una cantidad de agua más grande, en esta investigación el volumen de agua es inferior a los 100 m³/día, por lo tanto el tratamiento es uno de los tradicionales utilizados hasta el día de hoy.

A continuación en la tabla 6-3 se observa el fundamento de muestreo, los materiales a utilizar y su procedimiento:

Tabla 6-3 Materiales de muestreo y recolección de información

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recipientes de vidrio. ▪ Borosilicato para caracterizaciones físico - químico. ▪ Bolsas estériles Whirl - Pak para caracterizaciones bacteriológicas. 	Recolección de dos muestras en un intervalo de tiempo de 15 minutos para luego hacer una muestra compuesta, la toma de muestras es en las horas pico

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Para la determinación del caudal que entra a la cisterna fueron necesarios los materiales y equipos que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7-3 Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balde graduado de 10 litros ▪ Cuaderno ▪ Esferográfico ▪ Listón de madera de 4 m ▪ Mandil ▪ Mascarilla ▪ Guantes ▪ Botas de caucho 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cronómetro ▪ Cámara fotográfica

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.2.2.5 Datos de Medición de Caudal

Debido a que la empresa trabaja con maquinaria que requiere agua en intervalos de tiempo, el caudal de aguas residuales tiende a no ser constante, por eso se utilizó un *método volumétrico* para su medición, siguiendo el presente orden:

- El canal que está por debajo de todas la máquinas que utilizan agua en sus procesos y llega hasta el tanque cisterna donde son descargadas de aquí el aguas es bombeada y trasladada al sistema de tratamiento donde se hizo la toma de muestras de agua residual, se realizó mediante aforaciones directas con un balde graduado de 10 L y un cronometro para determinar el tiempo que tarda en llenar el balde.
- Las aforaciones fueron realizadas de forma sistemática por cuatro días durante cinco semanas en el mes de Noviembre y los primeros días de Diciembre en que la empresa trabaja al máximo de capacidad de producción, martes, miércoles, jueves y viernes en horarios de descarga que son a las 10H00, 12H00 y 16H00.
- Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de control de calidad de la E.P – EMAPA-G en donde se realizó las caracterizaciones necesarias de las aguas residuales y la respectiva prueba de jarras para determinar la dosificación adecuada de químicos que mejor actúen en la remoción de contaminantes para tratar el agua residual.

En las tabla 8-3 se muestra los datos obtenidos durante de las cinco semanas de muestreo, este muestreo se hizo en el mes más alto en producción de la empresa.

Tabla 8-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS

Semana uno (martes 01 hasta el viernes 04 de Noviembre del 2016)					
Horas	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio (L/s)
10:00	1,78	1,23	1,46	1,66	1,53
12:00	1,67	1,38	1,32	1,70	1,52
16:00	1,48	1,29	1,35	1,42	1,39
Semana dos (martes 08 hasta el viernes 11 de Noviembre del 2016)					
10:00	2,00	1,69	1,51	1,08	1,57
12:00	1,16	1,51	1,19	1,47	1,33
16:00	1,51	1,50	1,47	1,38	1,46
Semana tres (martes 25 hasta el viernes 18 de Noviembre del 2016)					
10:00	1,17	1,92	1,47	1,47	1,51
12:00	1,79	1,61	1,35	1,38	1,53
16:00	1,56	1,51	1,25	2,50	1,71
Semana cuatro (martes 22 hasta el viernes 25 de Noviembre del 2016)					
10:00	1,32	1,35	1,20	1,25	1,28

12:00	1,14	1,30	1,33	1,10	1,22
16:00	1,00	1,51	1,25	2,04	1,45
Semana cinco (martes 29 de Noviembre hasta el viernes 02 de Diciembre del 2016)					
10:00	1,69	1,27	1,22	1,30	1,37
12:00	1,34	1,19	1,32	1,04	1,22
16:00	1,20	1,17	1,42	1,47	1,32
Total del caudal promedio en L/s					1,43

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Tabla 9-3 Caudal promedio del agua residual que sale de la cisterna

SEMANAS	CAUDAL
Primera semana	1,48
Segunda semana	1,45
Tercera semana	1,58
Cuarta semana	1,32
Quinta semana	1,30
Caudal promedio (L/s)	1,43

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.2.2.6 Pruebas de tratabilidad para la fábrica Textil ANDELAS.

De las cinco semanas que se hizo el seguimiento para el muestreo y determinación del caudal se usó una muestra compuesta para la caracterización del agua residual, la cual nos indica que los parámetros iniciales analizados como: el Color, la Turbiedad, Fosfatos ($P-PO_4^{3-}$), Sulfatos (SO_4^{2-}), Fluoruros (F), Hierro total (Fe), Manganeseo (Mn^{2+}), Cromo (Cr^{+6}), Cobalto (Co), Cianuro (CN^-), Bario (Ba^{2+}), el DBO5 y el DQO se encuentra fuera de los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).

Considerando estos parámetro que están fuera de norma se determina el índice de Biodegradabilidad, que representa la naturaleza del efluente y permite decidir el tratamiento adecuado para el efluente residual. Como se indica en las Tablas 10-3 y 11-3.

Tabla 10-3 Parámetros para evaluar el Índice de Biodegradabilidad

MUESTRA COMPUESTA– NOVIEMBRE				
	Parámetro	Unidad	Resultado	TULSMA/Tabla 9
01 de Nov.	DBO ₅	mg O ₂ /L	435,67	100,0
	DQO	mg/L	2980,36	200,0
08 de Nov,	DBO ₅	mg O ₂ /L	445,92	100,0
	DQO	mg/L	3017,05	200,0
16 de Nov.	DBO ₅	mg O ₂ /L	440,08	100,0
	DQO	mg/L	2990,67	200,0
24 de Nov.	DBO ₅	mg O ₂ /L	437,83	100,0
	DQO	mg/L	3100,67	200,0
30 de Nov.	DBO ₅	mg O ₂ /L	460,57	100,0
	DQO	mg/L	2987,34	200,0

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Tabla 11-3 Índice de Biodegradabilidad

FECHA	$\frac{DBO_5}{DQO}$
01 de Nov.	0,146
08 de Nov,	0,147
16 de Nov.	0,147
24 de Nov.	0,141
30 de Nov.	0,154
Promedio	0,147

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Con el resultado del índice de Biodegradabilidad promedio de la muestra compuesta que tiene un valor de 0.147 a 20°C de temperatura aproximadamente, en la relación de Biodegradabilidad que es DBO₅/DQO, lo que indica que el efluente es de naturaleza poco biodegradable (ver Tabla 5-1), por tanto este valor determina un tratamiento químico.

Como se determinó un tratamiento químico a utilizar para estas aguas residuales y considerando la infraestructura actual de la planta, es necesario empezar por la aplicación de una prueba de jarras, que permite determinar la dosificación correcta de químicos y se propone implementar un sistema de filtración combinado con arena y carbón activado, para la clarificación del agua.

- *Prueba de Jarras*

Para las pruebas de tratabilidad se consideró una muestra compuesta de todas las semanas que se realizó el muestreo, donde la turbiedad fue de 694,91 NTU, el PH de 8,52 las revoluciones por minuto fueron de 200 y un tiempo de agitación de 30 minutos. Para lo cual se utilizó polímeros cuales que permiten mediante la dosificación paulatina de coagulantes y floculantes encontrar la dosis óptima para obtener la máxima remoción de los contaminantes.



Figura 2-3 Prueba de Jarras

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

La dosis óptima de floculante y coagulante se realizó a concentraciones diferentes hasta tener un número estándar en nuestro caso el estándar es 0,04 donde la curva de turbiedad expresadas en NTU cambia según la dosificación.

En la siguientes tablas se observa el valor de la dosis óptima para tener el más alto porcentaje de remoción de contaminantes.

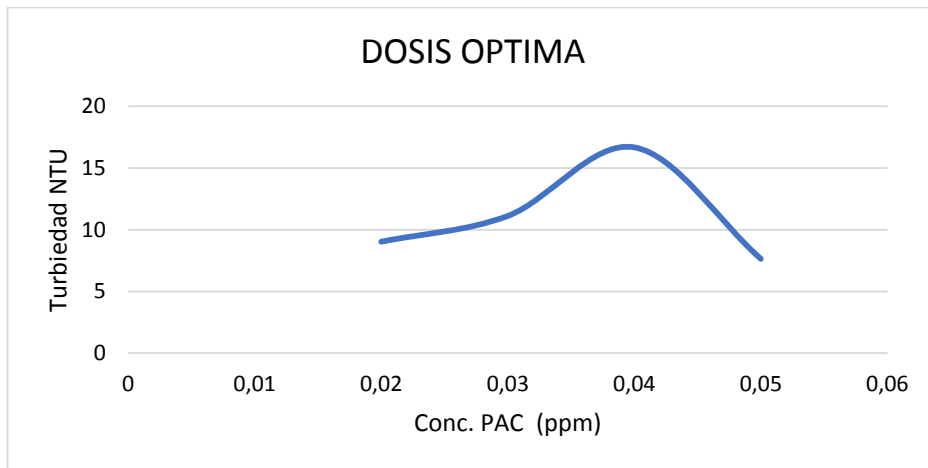
Tabla 12-3 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra de agua

Conc. PAC ppm	Turbiedad NTU
0,02	9,03
0,03	11,12
0,04	16,68
0,05	7,64

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

En el gráfico 1-3 se observa que la curva de la turbiedad es alta porque el volumen que se utilizo es de 60 ml de agua residual el cual es muy pequeño.

Gráfico 1-3 Dosis Optima de floculante y coagulante



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

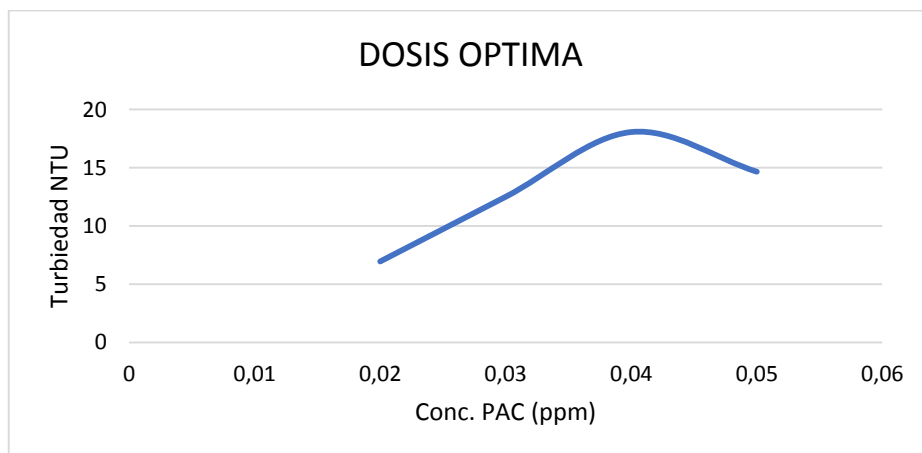
Tabla 13-3 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra de agua

Conc. PAC ppm	Turbiedad NTU
0,02	6,95
0,03	12,51
0,04	18,07
0,05	14,66

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

En el gráfico 2-3 la curva de turbiedad tiene una ligera diferencia al primer gráfico ya que se utilizó un volumen mayor que fue de 120 ml.

Gráfico 2-3 Dosis Optima de floculante y coagulante



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

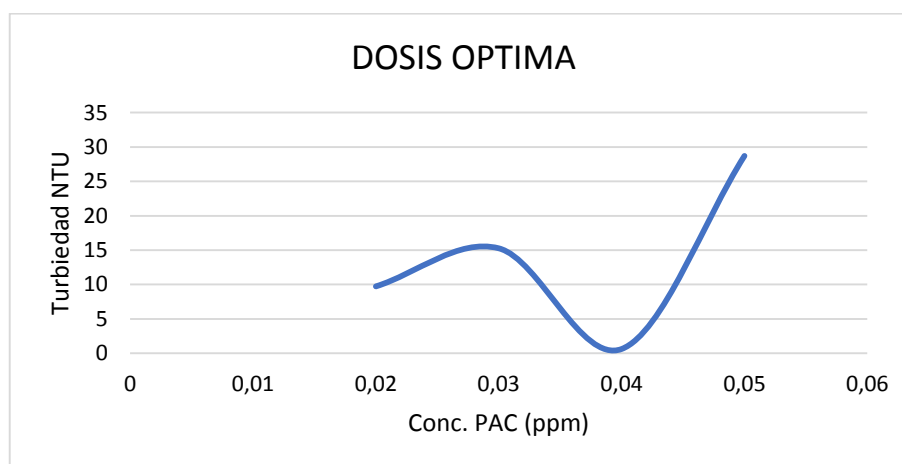
Tabla 14-3 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra de agua

Conc. PAC ppm	Turbiedad NTU
0,02	9,73
0,03	15,27
0,04	0,63
0,05	28,7

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

En el gráfico 3-3 se observa que la curva de turbiedad cambia drásticamente en su forma y dirección ya que el volumen es el adecuado y la concentración del polímero hace que la turbiedad del agua residual baje notablemente y así el porcentaje de remoción de contaminantes sea mayor al resto de dosificaciones.

Gráfico 3-3 Dosis Optima de floculante y coagulante



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

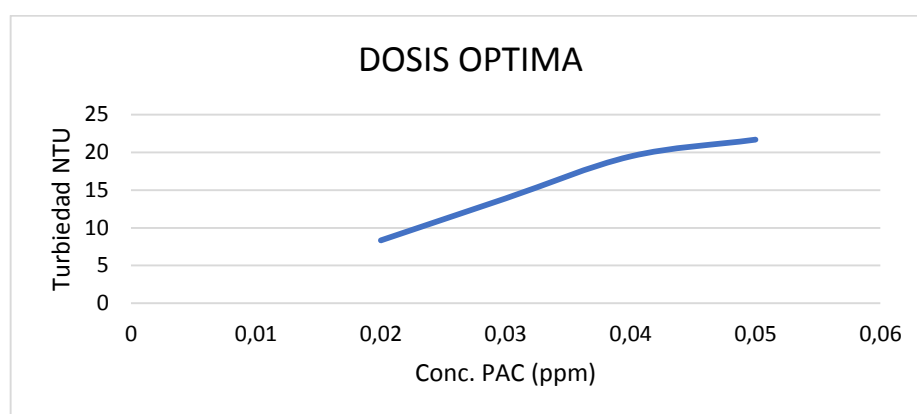
Tabla 15-3 Tratabilidad con pruebas de Jarras-Muestra de agua

Conc. PAC ppm	Turbiedad NTU
0,02	8,34
0,03	13,9
0,04	19,46
0,05	21,68

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

En el gráfico 4-3 se observa que la curva de turbiedad se abre y comienza a subir de nivel lo que quiere decir que la dosis de polímero es excesiva para tratar el agua residual.

Gráfico 4-3 Dosis Optima de floculante y coagulante



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Filtración con arena y carbón activado

A nivel de laboratorio se efectuó un filtro con materiales de plástico que consta de baldes transparentes, tubos PVC, válvulas manuales, una tina, una porción de arena de mar, una porción de grava y una porción de carbón activado, el tiempo de filtración fue de 30 a 35 minutos para que el agua quede transparente.

Tabla 16-3 Sistema de filtración a nivel de laboratorio

Materiales	Aplicación
Baldes de plástico de 12 litros	Sirven para simular los filtros
Tubos de PVC	Sirven para unir los filtros
Soportes metálicos	Sirven para soportar los baldes que sirven como filtros
Codos de plástico	Sirven para dar dirección a las tuberías que unen los filtros
Válvulas manuales de plástico	Sirven para el control del caudal entre los filtros
Tina de plástico	Sirve como depósito del agua filtrada
Grava	Es la parte primaria de los filtros
Arena	Esta debajo de la grava es más fina y filtra mejor
Carbón activado	Es la parte principal de los filtros aquí el agua se transparenta totalmente

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017



Figura 3-1 Sistema de filtración
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.2.2.7 *Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual del fábrica Textil ANDELAS.*

Las muestras que se llevaron al laboratorio fueron la de los días miércoles a las 16h00, que es el día de mayor descarga de agua residual. Estas muestras se utilizaron para la respectiva caracterización durante las dos semanas del mes que más produce la empresa por ende es cuando más caudal presenta.

Del agua residual que se llevó al laboratorio se tomó como una muestra compuesta, se caracterizó dicha muestra en el Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G.

Parámetros analizados

La caracterización físico- químico y microbiológico se realizó mediante ensayos en el laboratorio, de aquí se obtuvo resultados que posteriormente fueron tabulados de forma estadística, identificando así las variables para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, al mismo tiempo se identificó los parámetros que están fuera de los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).

En las Tablas 14-3, 15-3, 16-3, 17-3 y 18-3, se observan los parámetros que están fuera de la norma TULSMA, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 17-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS

PRIMERA SEMANA			
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE
		Lim.Max.Per	1-nov
COLOR	UTC	Inapreciable en dilución: 1/20	850,00
TURBIEDAD	NTU	.....	556,04
Ph	.....	.....	8,09
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	1267,34
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	763,52
TEMPERATURA	° C	.....	19,96
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	42,06
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	15,64
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	22,61
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1200,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	13,52
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	18,65
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	3,560
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,5	0,78
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,51
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	600,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,045
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	856,34
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,82
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,42
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,12
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,74
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,005
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,32
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,65
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,78
DBO ₅	mg/L	100	435,67
DQO	mg/L	200	2980,36
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	6
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	2

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 18-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS.

SEGUNDA SEMANA			
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE
		Lim.Max.Per	8-nov
COLOR	UTC	Inapreciable en dilución: 1/20	1100,00
TURBIEDAD	NTU	.....	780,21
Ph	.....	.....	8,25
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	987,65
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	864,73
TEMPERATURA	° C	.....	19,82
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	38,95
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	14,97
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	28,41
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1015,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	16,57
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	17,20
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	3,980
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,5	0,90
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,48
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	420,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,067
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	758,39
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,78
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,49
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,16
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,80
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,005
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,45
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	1,97
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,82
DBO ₅	mg/L	100	445,92
DQO	mg/L	200	3017,05
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	10
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	4

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 19-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS

TERCERA SEMANA			
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE
		Lim.Max.Per	16-nov
COLOR	UTC	Inapreciable en dilución: 1/20	900,00
TURBIEDAD	NTU	.....	664,97
Ph	.....	.....	8,64
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	1124,62
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	857,08
TEMPERATURA	° C	.....	19,87
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	40,65
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	15,23
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	36,49
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1170,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	14,06
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	18,46
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	4,510
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,5	0,82
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,57
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	520,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,079
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	697,36
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,73
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,52
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,20
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,76
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,007
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,34
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,41
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,007
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,009
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,81
DBO ₅	mg/L	100	440,08
DQO	mg/L	200	2990,67
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	8
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	1

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 20-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS

CUARTA SEMANA			
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE
		Lim.Max.Per	24-nov
COLOR	UTC	Inapreciable en dilución: 1/20	875,00
TURBIEDAD	NTU	.....	608,37
pH	.....	.....	8,96
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	1100,93
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	809,34
TEMPERATURA	° C	.....	19,67
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	41,38
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	16,30
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	30,67
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1243,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	16,53
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	17,90
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	4,256
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,69
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,36
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	500,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,068
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	720,68
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,94
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,56
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,25
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,63
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,009
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,29
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,85
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,90
DBO ₅	mg/L	100	437,83
DQO	mg/L	200	3100,67
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	12
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	4

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 21-3 Caracterización físico-químico y microbiológico, agua residual ANDELAS

QUINTA SEMANA			
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE
		Lim.Max.Per	30-nov
COLOR	UTC	Inapreciable en dilución: 1/20	950,00
TURBIEDAD	NTU	.....	864,97
pH	.....	.....	8,65
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	115,68
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	894,31
TEMPERATURA	° C	.....	19,92
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	40,65
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	15,67
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	29,64
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1195,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	15,42
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	18,26
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	3,962
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,72
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,42
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	560,00
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,072
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	690,34
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,83
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,70
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,27
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,59
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,009
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,32
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,23
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,009
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,79
DBO ₅	mg/L	100	460,57
DQO	mg/L	200	2987,34
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	10
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	6

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

En las tablas que se presentan se observa los parámetros que están fuera de rango, durante cinco semanas de monitoreo de todas estas muestras se elige una para luego hacer una muestra compuesta y darle un tratamiento adecuado que más adelante se podrá observar.

3.2.2.8 Caracterización del agua residual tratada

Después de hacer el tratamiento que a nuestro criterio y por el resultado del índice de Biodegradabilidad era el adecuado se realizó una nueva caracterización para ver si los valores iniciales seguían afectando los parámetro que se debe controlar, a continuación se muestra en la Tabla 3-22 los valores de los parámetros después que se dio el tratamiento.

Luego de una nueva caracterización del agua tratada es notable la remoción de contaminantes y fue comparadas con la normativa de los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015) y así determinando que si cumple con los límites permisibles como se ve en la tabla 20-3.

Tabla 22-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	NOVIEMBRE						LUEGO TRATAMIENTO
		Lim.Max.Per	1-nov	8-nov	16-nov	24-nov	30-nov	M. COMP	
COLOR	UTC	Ina. en dis	850,00	1100,00	900,00	875,00	950,00	935,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	.....	556,04	780,21	664,97	608,37	864,97	694,91	0,63
pH	.....	6. - 9	8,09	8,25	8,64	8,96	8,65	8,52	7,08
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	1267,34	987,65	1124,62	1100,93	115,68	919,24	87,64
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	130	763,52	864,73	857,08	809,34	894,31	837,80	38,57
TEMPERATURA	° C	Cond. Nat ±3	19,96	19,82	19,87	19,67	19,92	19,85	17,98
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	42,06	38,95	40,65	41,38	40,65	40,74	3,65
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	15,64	14,97	15,23	16,30	15,67	15,56	0,007
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	22,61	28,41	36,49	30,67	29,64	29,56	0,54
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1200,00	1015,00	1170,00	1243,00	1195,00	1164,60	0,01
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	13,52	16,57	14,06	16,53	15,42	15,22	2,00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	18,65	17,20	18,46	17,90	18,26	18,09	0,37
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	3,560	3,980	4,510	4,256	3,962	4,054	0,04
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,78	0,90	0,82	0,69	0,72	0,78	0,008
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,51	0,48	0,57	0,36	0,42	0,47	0,005
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	600,00	420,00	520,00	500,00	560,00	520,00	0,04
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,045	0,067	0,079	0,068	0,072	0,066	24,00
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	856,34	758,39	697,36	720,68	690,34	744,62	0,007
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,82	0,78	0,73	0,94	0,83	0,82	3,86
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,42	0,49	0,52	0,56	0,70	0,54	0,006
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,12	0,16	0,20	0,25	0,27	0,20	0,007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,74	0,80	0,76	0,63	0,59	0,70	< 0.01
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,005	0,005	0,007	0,009	0,009	0,007	< 0.10

CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,32	0,45	0,34	0,29	0,32	0,34	< 0,20
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,65	1,97	2,41	2,85	2,23	2,42	< 0,02
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008	0,008	0,007	0,008	0,009	0,008	0,39
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,007	0,007	0,009	0,008	0,008	0,008	0,04
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,78	0,82	0,81	0,90	0,79	0,82	0,72
DBO ₅	mg/L	100	435,67	445,92	440,08	437,83	460,57	444,01	0,25
DQO	mg/L	200	2980,36	3017,05	2990,67	3100,67	2987,34	3015,22	0,12
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,50
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	6	10	8	12	10	9,2	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	2000	2	4	1	4	6	3,4	< 1**

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Tabla 23-3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Cumple la norma
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0	
Alkil mercurio	-----	mg/l	No detectable	
Aluminio	Al	mg/l	5,0	
Arsénico total	As	mg/l	0,1	
Bario	Ba	mg/l	2,0	
Boro Total	Bo	mg/l	2,0	
Cadmio	Cd	mg/l	0,02	
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1	
Cinc	Zn	mg/l	5,0	
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5	
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1	
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000	SI CUMPLE
Cobre	Cu	mg/l	1,0	SI CUMPLE
Cobalto	Co	mg/l	0,5	SI CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	SI CUMPLE
Color real ¹	Color Real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20	
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5	SI CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100	SI CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200	SI CUMPLE
Estaño	Sn	mg/l	5,0	
Fluoruros	F	mg/l	5,0	SI CUMPLE
Fósforo Total	P	mg/l	10,0	SI CUMPLE
Hierro total	Fe	mg/l	10,0	SI CUMPLE
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0	
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0	SI CUMPLE
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005	
Níquel	Ni	mg/l	2,0	
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0	
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0	SI CUMPLE

Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05	
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1	
Plata	Ag	mg/l	0,1	
Plomo	Pb	mg/l	0,2	SI CUMPLE
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 - 9	SI CUMPLE
Selenio	Se	mg/l	0,1	
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130	SI CUMPLE
Sólidos totales	ST	mg/l	1600	SI CUMPLE
Sulfatos	SO ₄ ⁺²	mg/l	1000	SI CUMPLE
Sulfuros	S ⁻	mg/l	0,5	SI CUMPLE
Temperatura	°C	mg/l	Condición natural ± 3	
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0	
¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida				

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.2.2.9 Porcentaje de remoción

Una vez comparados los parámetros que estuvieron fuera de norma y mirando si cumplían o no con esta, se procedió a calcular el porcentaje de remoción de contaminantes tomamos los valores de la muestra compuesta de los 5 días de muestreo y el valor que se obtuvo luego del tratamiento para así realizar el grafico de ilustración que a continuación están detallados en la tabla siguiente:

Tabla 24-3 Determinación del porcentaje remoción luego del tratamiento

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	LUEGO TRATAMIENTO	% REMOCIÓN
COLOR	UTC	Inapreciable en dilución: 1/20	935,00	1,00	99,89
TURBIEDAD	NTU	.....	694,91	0,63	99,91
pH	.....	.....	8,52	7,08	.....
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	919,24	87,64	90,47
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	837,80	38,57	95,39
TEMPERATURA	° C	.....	19,85	17,98	.....

NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	40,74	3,65	91,04
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	15,56	0,007	99,96
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30,0	29,56	0,54	98,17
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1164,60	0,01	99,99
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	15,22	2,00	86,86
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	18,09	0,37	97,95
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	4,054	0,04	99,01
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,78	0,008	98,97
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,47	0,005	
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	520,00	0,04	99,99
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,066	24,00	.....
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	744,62	0,007	.....
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,82	3,86	.....
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,54	0,006	98,80
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,20	0,007	96,50
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5,0	0,70	< 0.01	.....
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,007	< 0.10	.....
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,34	< 0.20	.....
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2,0	2,42	< 0.02	.....
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008	0,39	.....
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,008	0,04	.....
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,82	0,72	.....
DBO ₅	mg/L	100	444,01	0,25	99,94
DQO	mg/L	200	3015,22	0,12	99,99
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1,00	5,50	.....
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	9,2	< 1**	.....
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	3,4	< 1**	.....

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Calculado el porcentaje de remoción de contaminantes se procede a realizar un gráfico demostrativo de cada uno de los parámetros que estuvieron fuera de norma y su respectivo porcentaje de remoción.

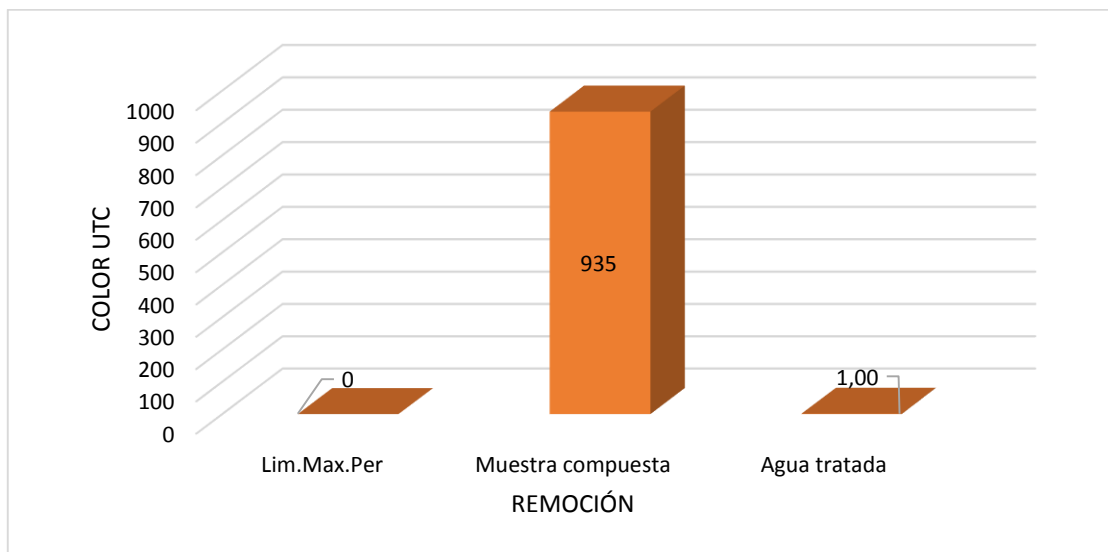
Color

Tabla 25-3 Caracterización química para el Color

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
COLOR	UTC	Ina. en dis	935,00	1,00	99,89

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 5-3 Caracterización química para el Color



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 5-3 se observa la disminución del color en la muestra compuesta de agua que antes del tratamiento tenía un valor de 935 UTC y luego del tratamiento el color bajó a un valor de 1,00 UTC y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

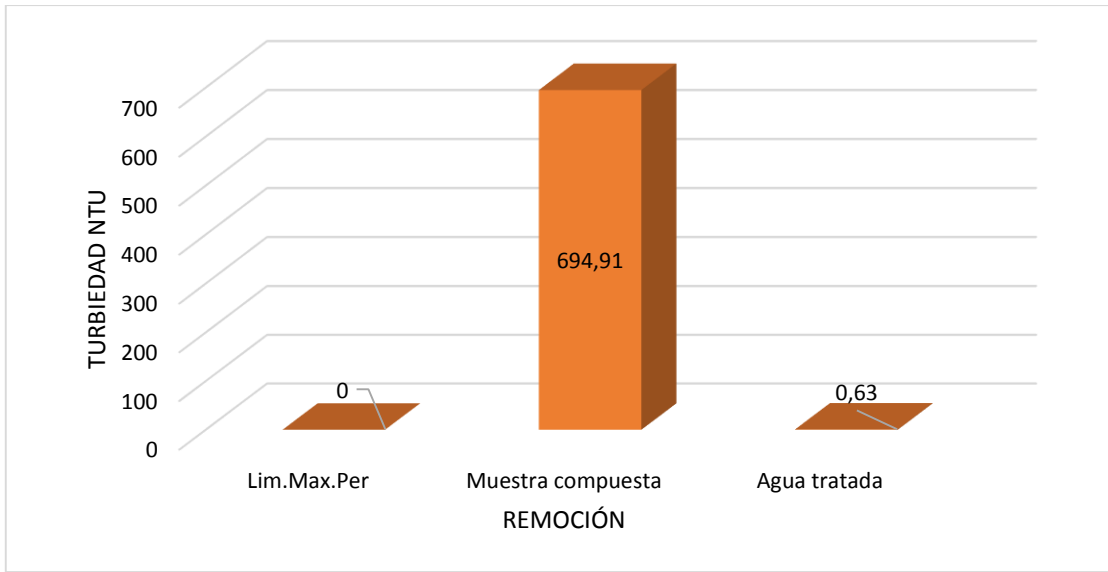
Turbiedad

Tabla 26-3 Caracterización química para la Turbiedad

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
TURBIEDAD	NTU	.....	694,91	0,63	99,91

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 6-1 Caracterización química para la Turbiedad



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 6-3 se observa la disminución de la turbiedad en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 694,91 NTU y luego del tratamiento la turbiedad bajo a un valor de 0,63 NTU y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

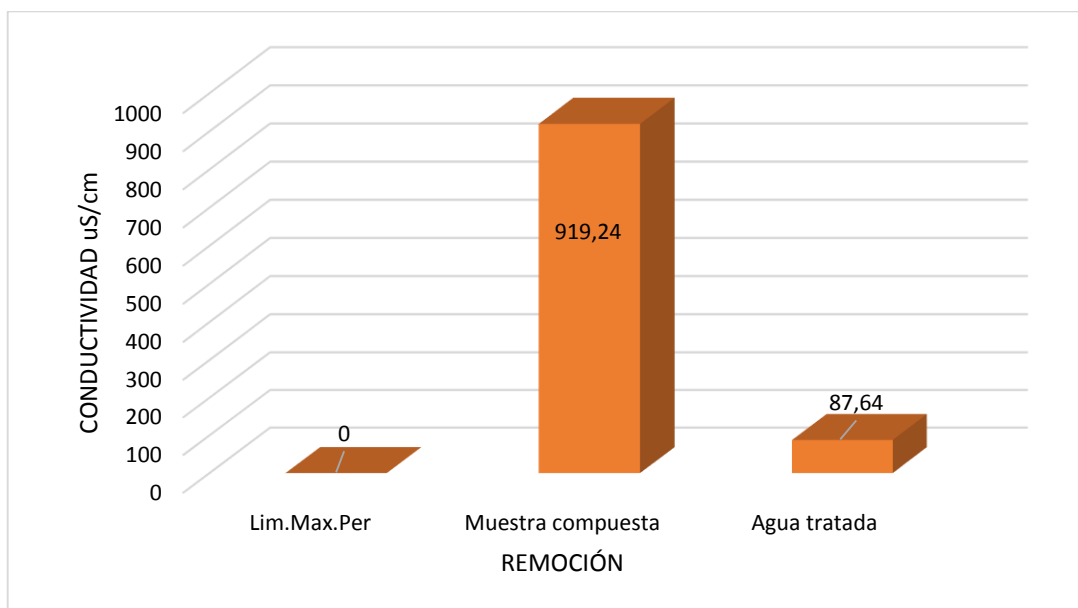
Conductividad

Tabla 27-3 Caracterización química para la Conductividad

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	919,24	87,64	90,47

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 7-3 Caracterización química para la conductividad



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el grafico 7-3 se observa la disminución de la conductividad en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 919,24 uS/cm y luego del tratamiento la conductividad bajó a un valor de 87,64 uS/cm y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

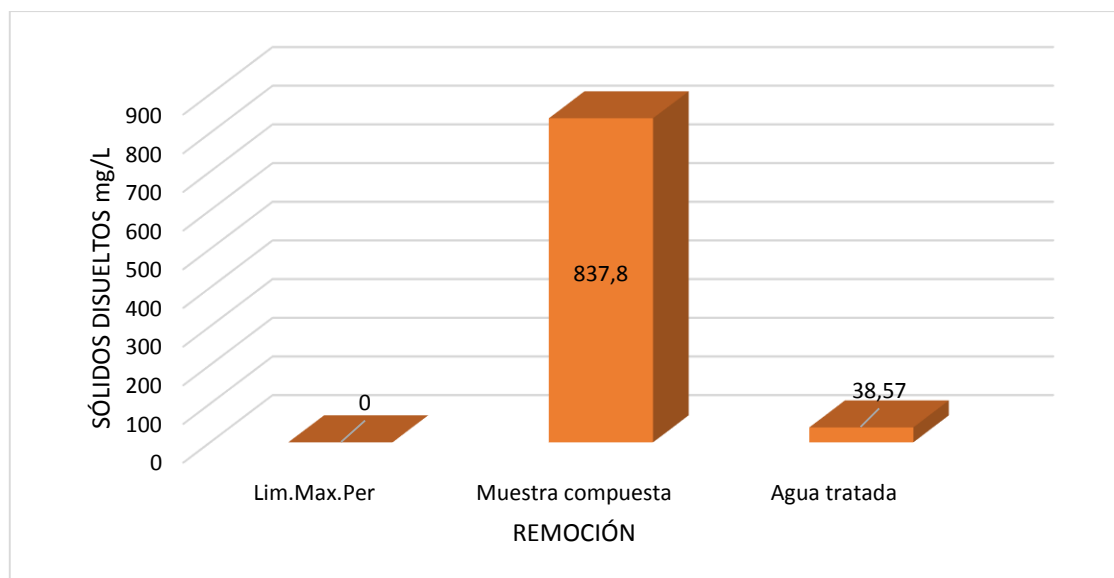
Sólidos Totales Disueltos

Tabla 28-3 Caracterización química para los Sólidos Totales Disueltos

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	837,80	38,57	95,39

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 8-3 Caracterización química para los Sólidos Disueltos



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 8-3 se observa la disminución de los Sólidos Totales Disueltos en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 837,8 mg/L y luego del tratamiento los Sólidos Totales Disueltos bajó a un valor de 38,57 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

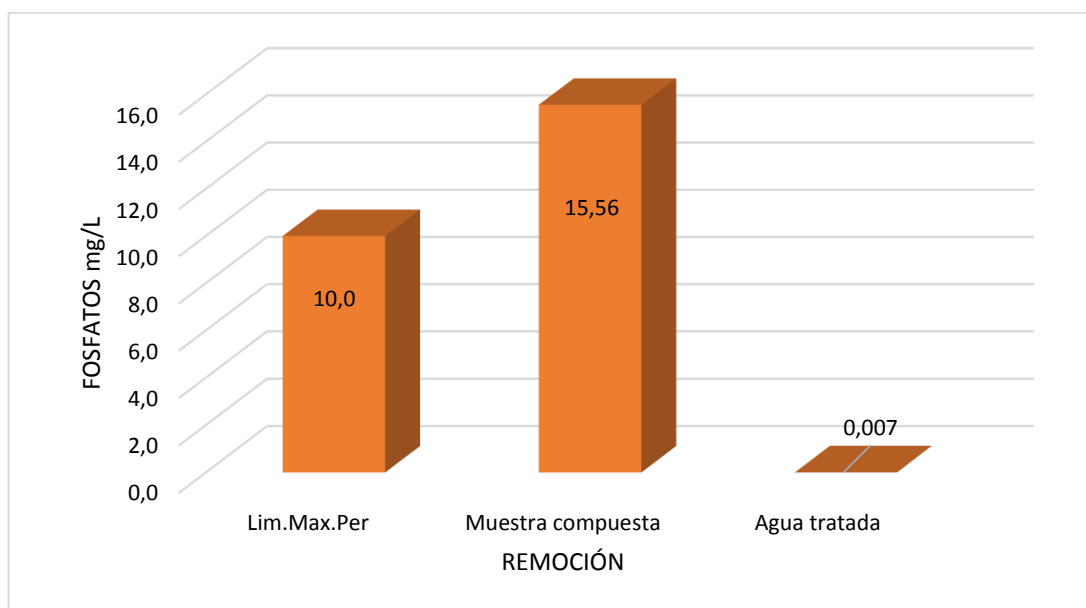
Fosfatos

Tabla 29-3 Caracterización química para los Fosfatos

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	15,56	0,007	99,96

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 9-3 Caracterización química para los Fosfatos



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 9-3 se observa la disminución de los Fosfatos en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 15,56 mg/L y luego del tratamiento los Fosfatos bajó a un valor de 0,007 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

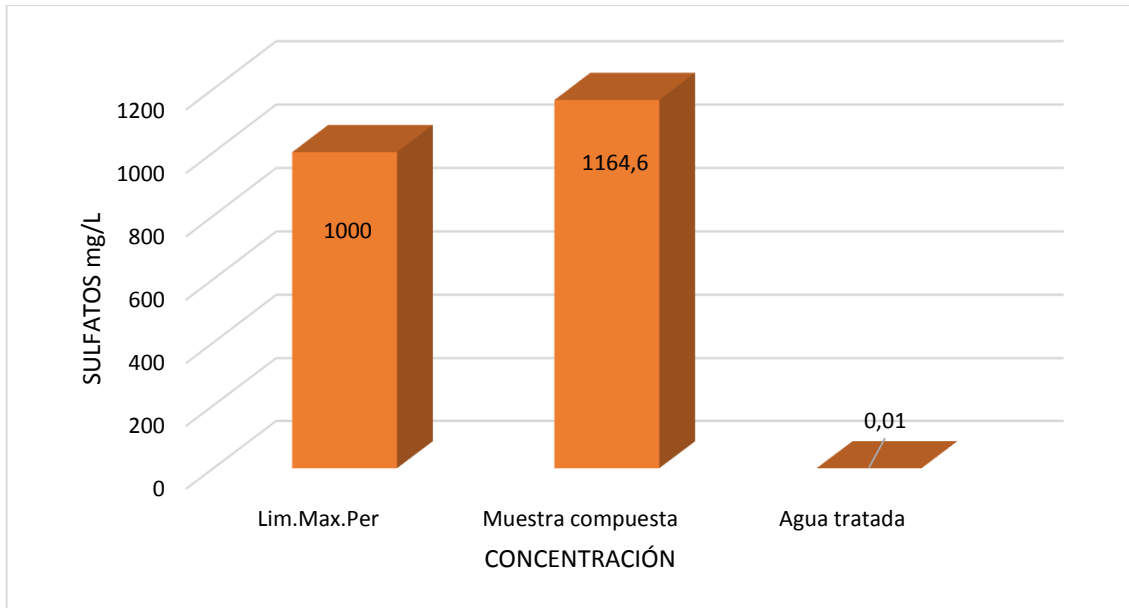
Sulfatos

Tabla 30-3 Caracterización química para los Sulfatos

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1164,60	0,01	99,99

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 10-3 Caracterización química para los Sulfatos



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 10-3 se observa la disminución de los Sulfatos en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 1164,6 mg/L y luego del tratamiento los Sulfatos bajó a un valor de 0,01 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

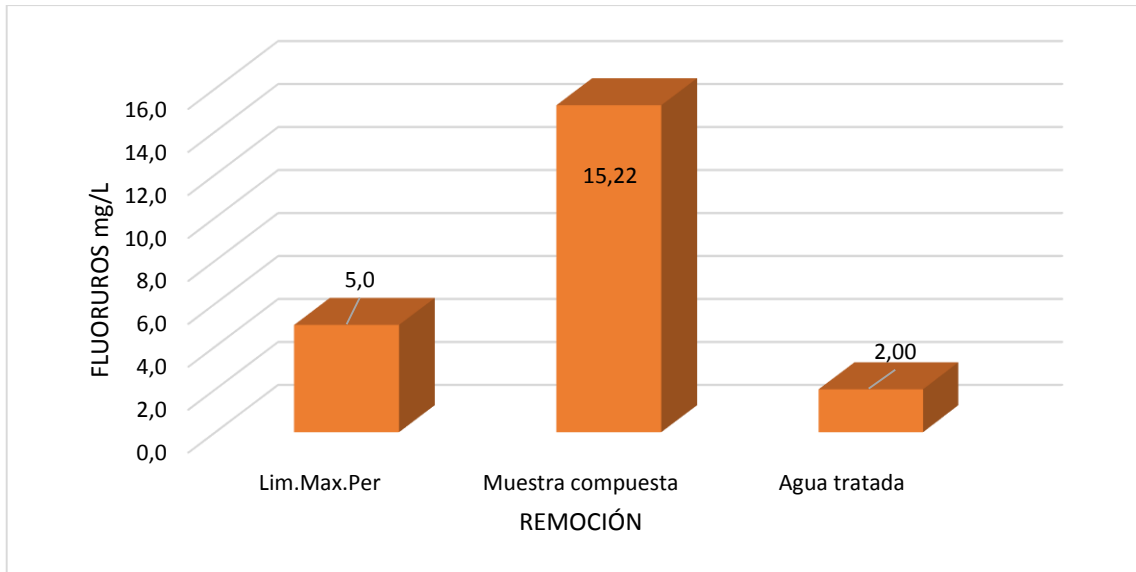
Fluoruros

Tabla 31-3 Caracterización química para los Fluoruros

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	15,22	2,00	86,86

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 11-3 Caracterización química para los Fluoruros



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 11-3 se observa la disminución de los Fluoruros en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 15,22 mg/L y luego del tratamiento los Fluoruros bajó a un valor de 2,00 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

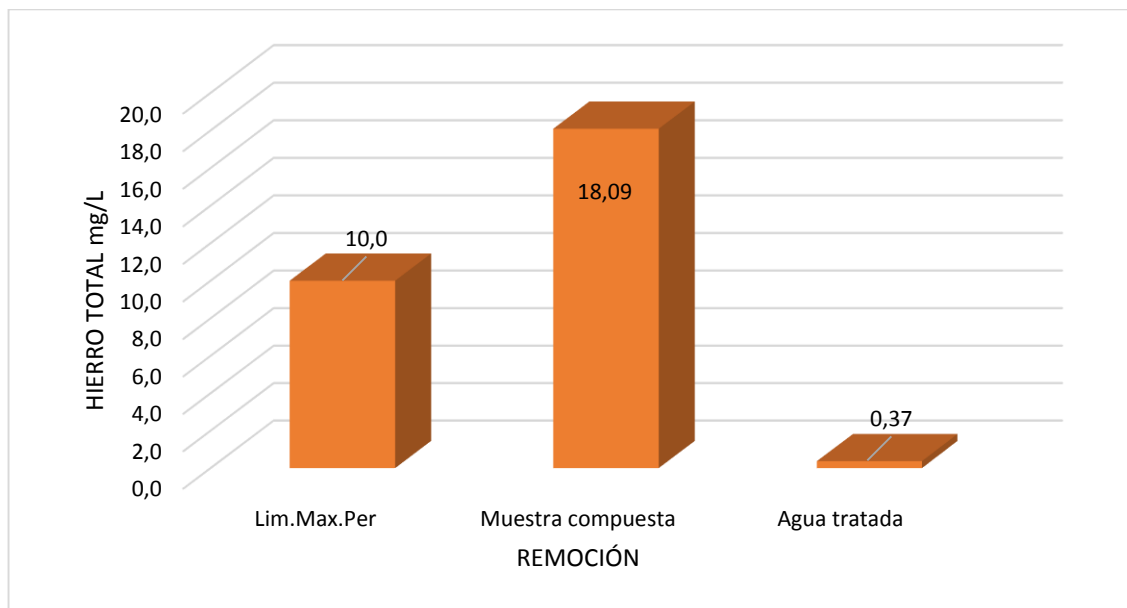
Hierro Total

Tabla 32-3 Caracterización química para los Hierro Total

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	18,09	0,37	97,95

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 12-3 Caracterización química para el Hierro Total



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 12-3 se observa la disminución del Hierro Total en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 18,09 mg/L y luego del tratamiento el Hierro Total bajó a un valor de 0,37 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

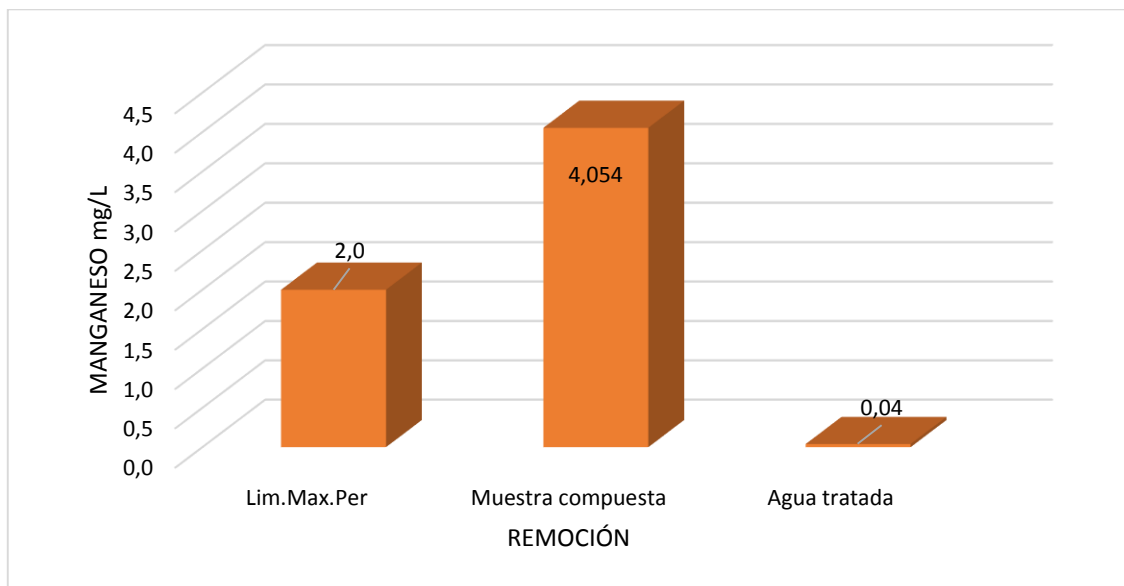
Manganeso

Tabla 33-3 Caracterización química para el Manganeso

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	4,054	0,04	99,01

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 13-3 Caracterización química para el Manganeso



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 13-3 se observa la disminución del Manganeso en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 4,054 mg/L y luego del tratamiento el Manganeso bajó a un valor de 0,04 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

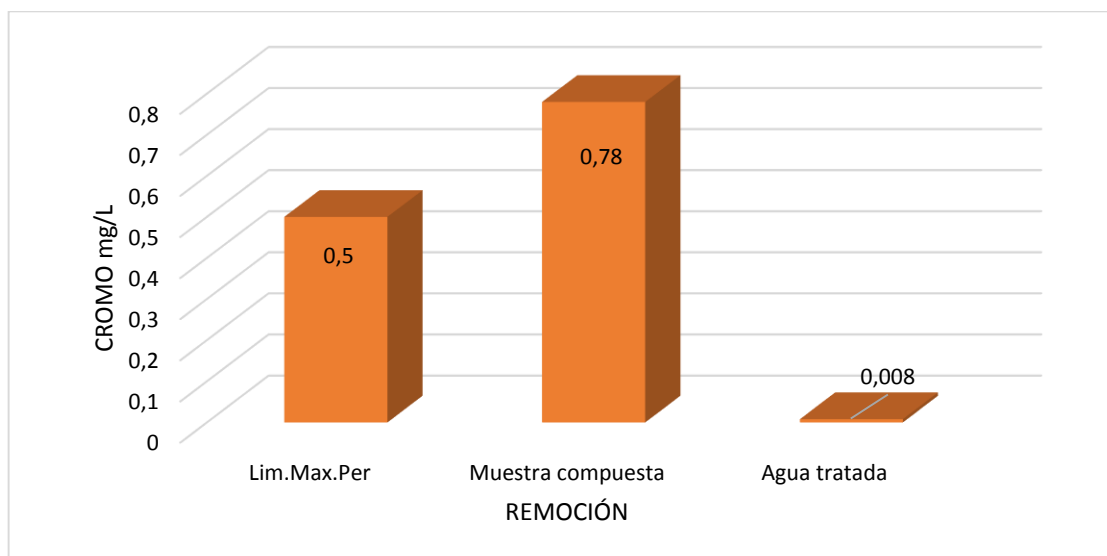
Cromo

Tabla 34-3 Caracterización química para el Cromo

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,78	0,008	98,97

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 14-3 Caracterización química para el Cromo



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 14-3 observa la disminución del Cromo en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 0,78 mg/L y luego del tratamiento el Cromo bajó a un valor de 0,008 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

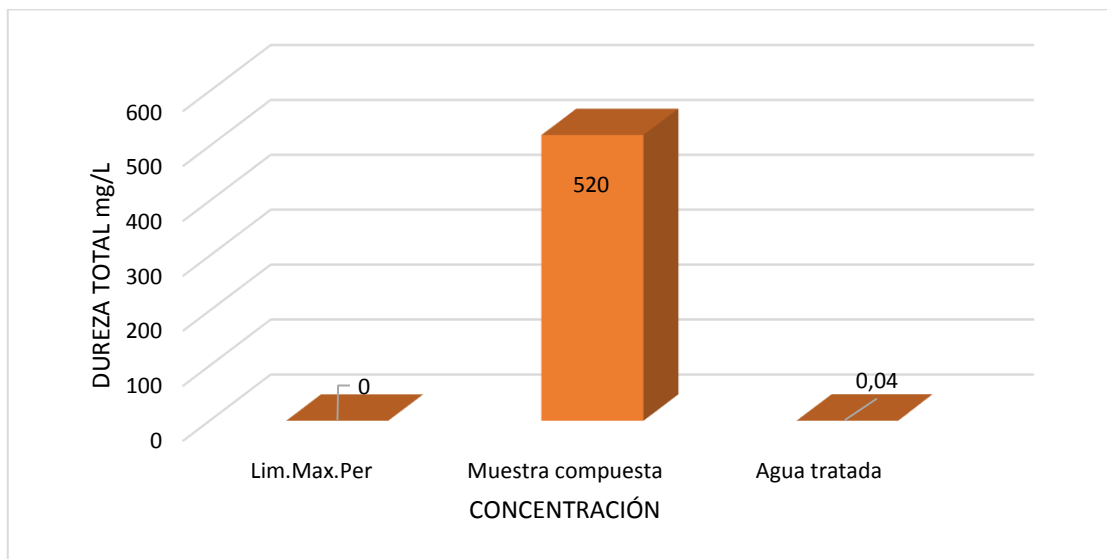
Dureza Total

Tabla 35-3 Caracterización química para el Dureza Total

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	520,00	0,04	99,99

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 15-3 Caracterización química para el Dureza Total



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 15-3 se observa la disminución de la Dureza Total en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 520 mg/L y luego del tratamiento la Dureza Total bajó a un valor de 0,04 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

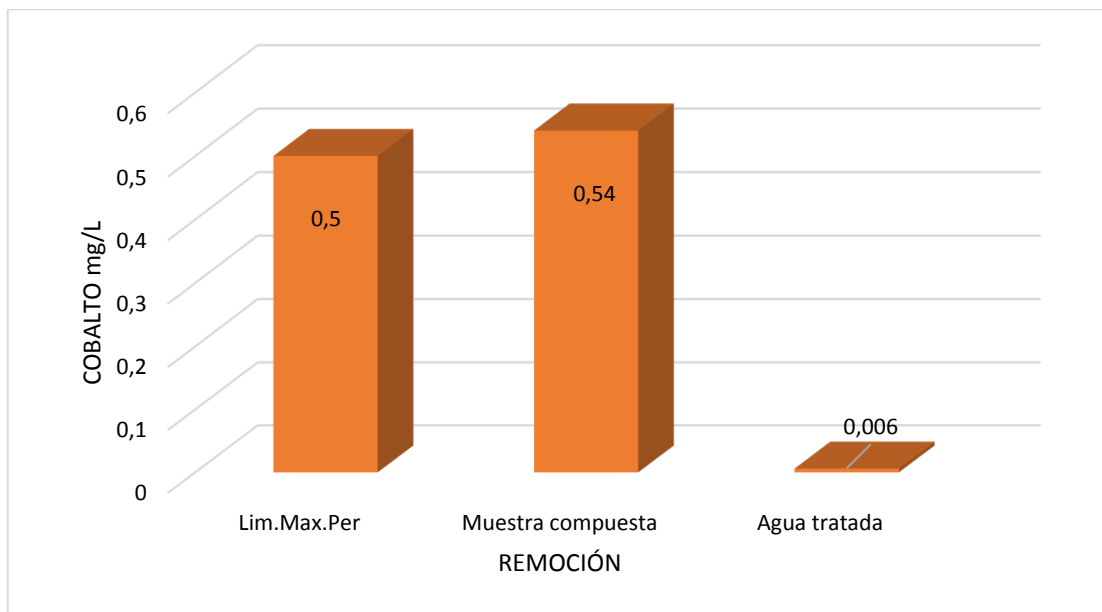
Cobalto

Tabla 36-3 Caracterización química para el Cobalto

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,54	0,006	98,80

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 16-3 Caracterización química para el Cobalto



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 16-3 se observa la disminución del Cobalto en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 0,54 mg/L y luego del tratamiento el Cobalto bajó a un valor de 0,006 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

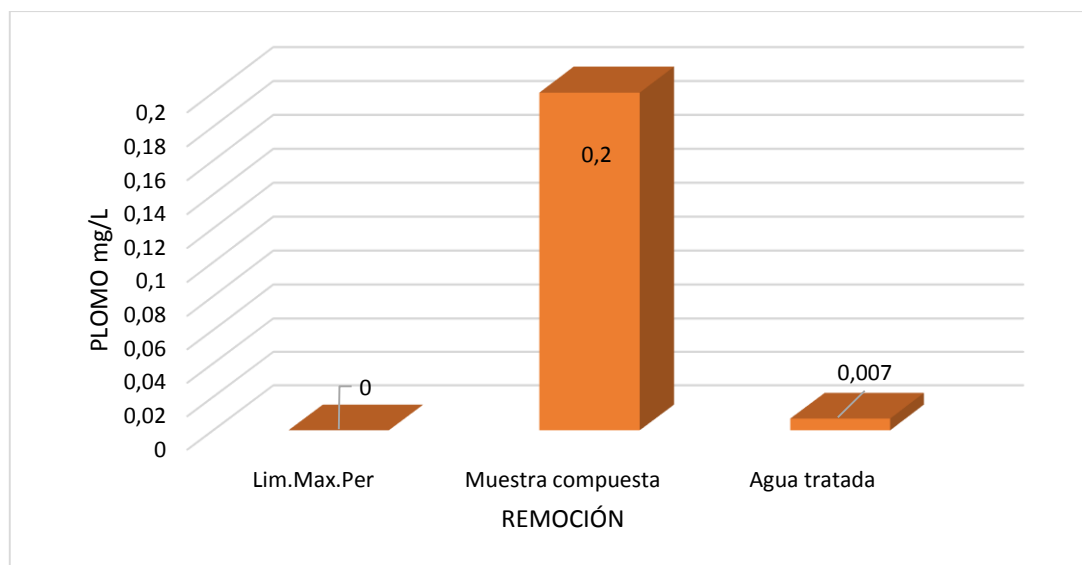
Plomo

Tabla 37-3 Caracterización química para el Plomo

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	.....	0,20	0,007	96,50

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 17-3 Caracterización química para el Plomo



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 17-3 se observa la disminución del Plomo en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 0,2 mg/L y luego del tratamiento el Plomo bajó a un valor de 0,007 mg/L y así se encuentra dentro del rango aceptado en la norma.

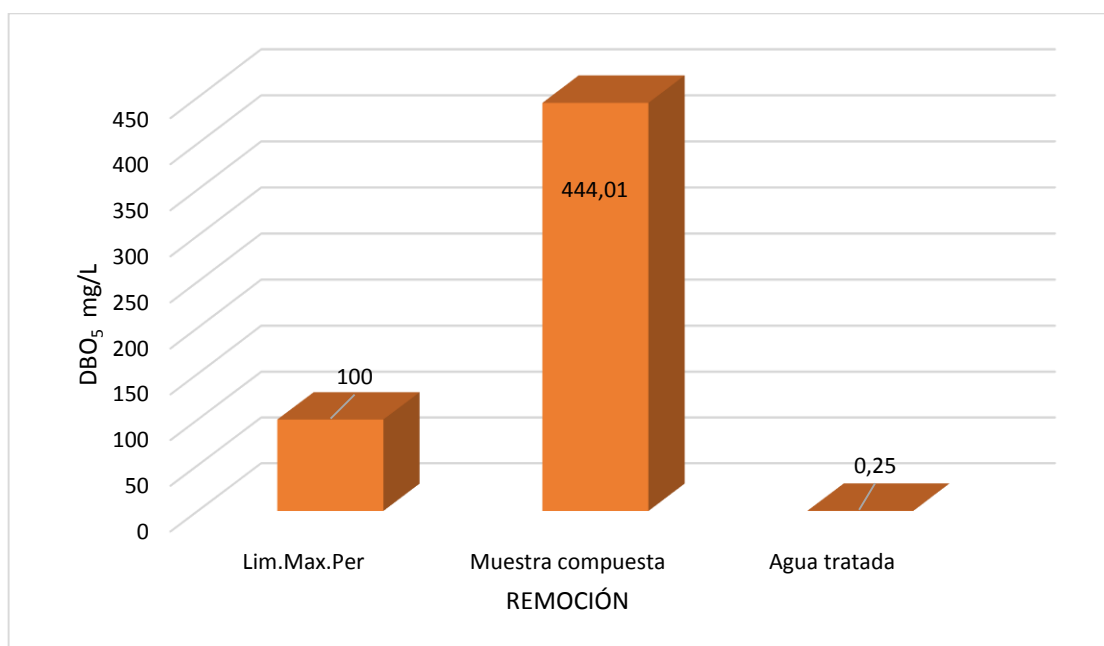
DBO₅

Tabla 38-3 Caracterización química para el DBO₅

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
DBO ₅	mg/L	100	444,01	0,25	99,94

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 18-3 Caracterización química para el DBO₅



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 18-3 se observa la disminución del DBO₅ en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 444,01 mg/L y luego del tratamiento el DBO₅ bajó a un valor de 0,25 mg/L.

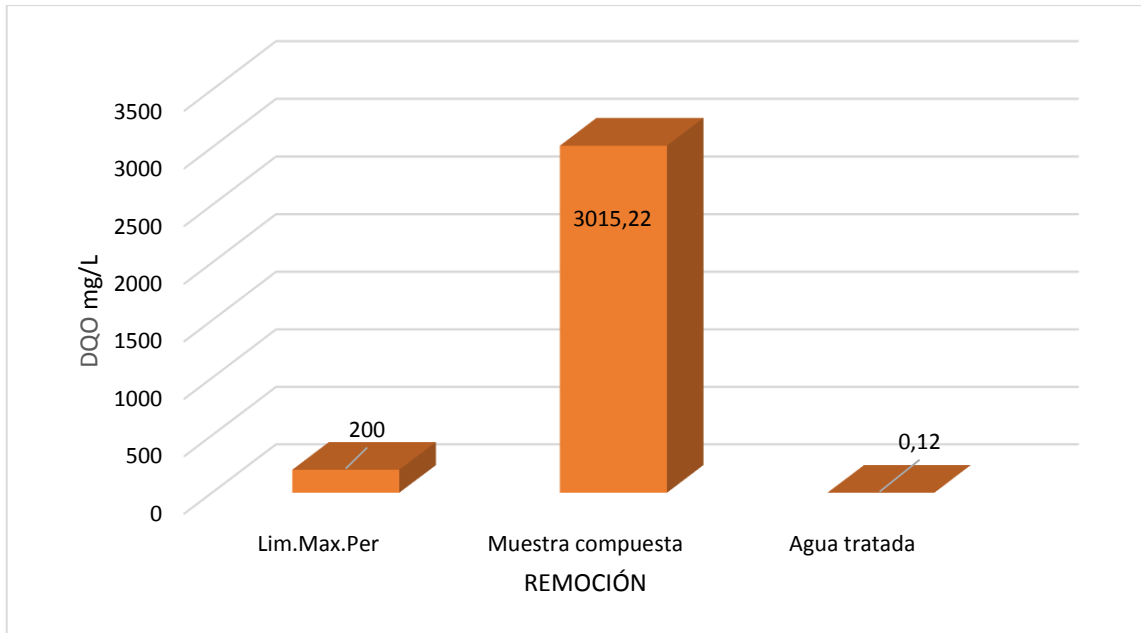
DQO

Tabla 39-3 Caracterización química para el DQO

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA			
		Lim.Max.Per	M. COMP	Luego tratamiento	% Remoción
DQO	mg/L	200	3015,22	0,12	99,99

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Gráfico 19-3 Caracterización química para el DQO



Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

En el gráfico 19-3 se observa la disminución del DQO en la muestra compuesta de agua residual que antes del tratamiento tenía un valor de 3015,22 mg/L y luego del tratamiento el DQO bajó a un valor de 0,12 mg/L y así está dentro de la norma.

En la caracterización físico-químico del agua residual de la empresa ANDELAS los materiales, equipos y reactivos que se utilizaron está especificado en la tabla siguiente:

Los materiales que vamos a ver a continuación son necesarios en el procedimiento de caracterización físico-químico y microbiológico del agua residual.

Tabla 40-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Físicos del Agua Residual de la empresa ANDELAS

Análisis Físicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Buretas	Balanza analítica	Buffer pH 4.0
Buchner y Kitasato	Colorímetro	Buffer pH 7.0
Cámara fotográfica	Conductímetro	Formazin <0.1 FNU
Cronómetro	Destilador	Formazin 100 FNU
Esferográfico	Estufa	Formazin 1000 FNU

Piola	Fotómetro	Formazin 200 FNU
Guantes	Turbidímetro	Formazin 800 FNU
Mandil		Formazin20 FNU
Pipeta		Formazin4000 FNU
Vasos de precipitación		
Soporte universal		

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Tabla 41-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Químicos del Agua Residual de la empresa ANDELAS

Análisis Químicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Botellones plásticos	Baño María	Alkaline cyanide
Cámara fotográfica	Espectrofotómetro	Aluver
Cronómetro	Estufa	Ascorbic acid
Embudo de vidrio	Fotómetro	Bleaching 3
Frascos cuenta gotas con tetina		Chromater 3
Gradilla		Cromo 1
Guantes		Cromo 2
Libreta		Cuver 1
Mascarillas		Cyanurate ammonium
Matraz Erlenmeyer		DPD cloro total
Papel filtro		EDTA (Sobres)
Parafilm		EDTA 0.020 N
Pat absorbente		Ferover
Pera de succión		MolyVer 1
Pinza		MolyVer 2
Pipeta volumétrica		MolyVer 3
Pipeta		Nitraver 5
Pipeta volumétrica		Nitriver
Probeta milimetrada		Pads absorbente
Tubos de ensayo		Pan indicador sln 0.1 %
Varilla		Pan indicador sln 0.3 %
Vasos de precipitación		Phosver
		Phthalate-fosfato
		Reactivo acido cromo
		Reagent acid cromo
		Reagent Spands
		Salicylate ammonium
		Solución férrica
		Sulfater 4
		THM Plus reagent 1

		THM Plus reagent 2 THM Plus reagent 3 THM Plus reagent 4 Tiocianato mercúrico
--	--	--

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Tabla 42-3 Materiales, Equipos y Reactivos para los Análisis Microbiológicos del Agua Residual

Análisis Microbiológicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Capsula de Petri Esferográfico Matraz Lente de aumento Pinza	Bomba de succión Incubadora Espectrofotómetro Reverbero	Alcohol antiséptico 70° Ampollas endo Ampollas m-coliblu Filtros de membrana

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

3.2.3 *Dimensionamiento para el rediseño de la planta retratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS.*

Para el rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se realizan los cálculos de ingeniería que conlleva cada una de las unidades, que son parte del sistema propuesto en este estudio, las cuales son:

- Mezclador rápido de turbina
- Sedimentador de flujo horizontal de tasa alta
- Filtro lento combinado de arena y carbón activado

3.2.3.1 *Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina.*

Los mezcladores u homogeneizadores a menudo se utilizan para otros objetivos aparte de la neutralización, como son: 1) aminorar las variaciones de ciertas corrientes de aguas residuales intentando conseguir una corriente mezclada, con un caudal relativamente constante que luego sea el que llega al tanque de sedimentación; y 2) aminorar las variaciones de la DBO del afluente a los sistemas de tratamiento. Con este propósito se utiliza tanques mezcladores de nivel constante o variable (Ramalho, 1983, pág. 155).

Tabla 43-3 Datos para el dimensionamiento del mezclador rápido de turbina

PARÁMETROS	DATOS	UNIDADES	EXPRESIÓN
Caudal de diseño	0,0028 Para ANDELAS 0,0858	m ³ /s m ³ /min	Q
Tiempo de retención	7	S	Trh
Temperatura promedio del agua	15	°C	T
Gradiente de velocidad	1000	s ⁻¹	G
Volumen proveniente del sedimentador	9	m ³	V
Relación de geometría	$\frac{DT}{D} = 3$	-----	A
Relación de geometría	$\frac{DT}{D} = 3,5$	-----	B
Viscosidad dinámica	1,139x10 ⁻³	N.s/m ²	U
Número de potencia	6,3	-----	K
Densidad del agua	999,19	Kg/m ³	ρ

Fuente: (Robert L. Mott, 2006, pág. 64)

Volumen del tanque.

Para el cálculo se emplea los datos reales que tiene el sistema actual de la planta, mediante la siguiente ecuación:

$$V = a * b * h$$

Ecuación 1

Datos:

a: Ancho del tanque = 5 m

b : Base del tanque = 6,5 m

h: Altura del tanque = 5,80 m

V : Volumen en = m³

$$V = (5 * 6,5 * 5,80)m^3$$

$$V = 188,5 m^3$$

Diámetro de la cámara de mezcla.

Con la ecuación que seguido se determina el diámetro en la cual se emplea relaciones de geometría:

$$V = \frac{\pi * DT^3}{4} * \frac{a}{b}$$

Ecuación 2

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * V * a}{\pi * b}}$$

Ecuación 3

Datos:

DT: Diámetro de la cámara de mezcla = m

V: Volumen = 188,5 m³

a: Relación de geometría, adimensional = 3

b: Relación de geometría, adimensional = 3,5

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 188,5 * 3}{\pi * 3,5}}$$

$$DT = 5,90 m$$

Profundidad de la cámara de mezcla

Determina el ancho que deberá tener dicho tanque mediante la siguiente ecuación:

$$H = b * \frac{DT}{a}$$

Ecuación 4

Datos:

DT: Diámetro de la cámara de mezcla = 5,90 m

H: Profundidad de la cámara de mezcla = m

a: Relación de geometría, adimensional ($\frac{DT}{D} = 3$)

b: Relación de geometría, adimensional ($\frac{H}{D} = 3,5$)

$$H = 3,5 * \frac{5,90 m}{3}$$

$$H = 6,88m$$

Diámetro de la turbina

El diámetro que posee el disco de la turbina que genera la rotación se determina con la siguiente ecuación, en la cual se emplea relaciones de geometría:

$$D = \frac{DT}{\alpha}$$

Ecuación 5

Datos:

DT: Diámetro de la cámara de mezcla = 5,90 m

α : Relación de geometría, adimensional = 3

D: diámetro de la turbina = m

$$D = \frac{5,90 \text{ m}}{3}$$

$$D = 1,97 \text{ m}$$

Anchura de los deflectores

Los deflectores permiten generar una mayor mezcla por lo que es muy importante el diámetro que posean estos:

$$Wd = \frac{D}{10}$$

Ecuación 6

Datos:

Wd: Anchura de los deflectores = m

D: Diámetro de la turbina = 1,97 m

$$Wd = \frac{1,97 \text{ m}}{10}$$

$$Wd = 1,19 \text{ m}$$

Dimensiones de las paletas

En las siguientes ecuaciones se determinan las dimensiones básicas:

$$B = \frac{D}{4}$$

Ecuación 7

$$W = \frac{D}{4}$$

Ecuación 8

Datos:

B : Longitud de la paleta = m

W : Alto de la paleta = m

D : Diámetro de la turbina = 1,97 m

$$B = \frac{1,97 \text{ m}}{4}$$

$$B = 0,50 \text{ m}$$

$$W = \frac{1,97 \text{ m}}{4}$$

$$W = 0,50 \text{ m}$$

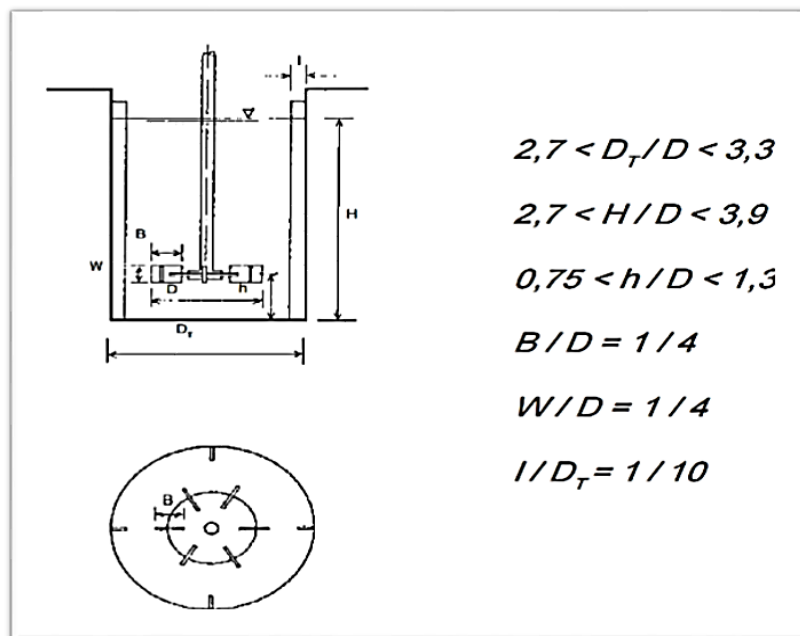


Figura 4-3 Dimensiones para el diseño del tanque de mezcla rápida

Fuente: (RAMIREZ, 2016, pág. 84)

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Potencia aplicada al agua residual

Es la cantidad de potencia que se requiere para una mezcla adecuada sin romper os flocs generados en el proceso de coagulación floculación se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = u * v * G^2$$

Ecuación 9

$$v = \frac{u}{\rho}$$

Ecuación 10

Datos:

P: Potencia = Watts

u: Viscosidad dinámica = $1,139 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2}$

v: Viscosidad cinemática

G: Gradiente de velocidad = $1000s^{-1}$

$$v = \frac{1,139 \times 10^{-3} N.s/m^2}{999,19 kg/m^3}$$

$$v = 0,00000114$$

$$P = 1,139 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2} * 0,00000114 m^3 * (1000s^{-1})^2$$

$$P = 1,30 \times 10^{-3} WATT$$

Velocidad de rotación

Indica el número de revoluciones por minuto que se generan en el tanque con lo que se produce una mezcla uniforme. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}}$$

Ecuación 11

Datos:

N: Velocidad de rotación = rpm

P: Potencia = $1,30 \times 10^{-3} WATT$

K: Número de potencia (adimensional) = 6,3

$$N = \sqrt[3]{\frac{1,30 \times 10^{-3} \text{ WATT}}{6,3 * 999,9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (1,97)^5}}$$

$N = 0,0019 \text{ rpm}$

Anchura de las paletas del impulsor

Para calcular el ancho de las paletas se utiliza la siguiente ecuación:

$$q = \frac{D}{5}$$

Ecuación 12

Datos:

q : Ancho de las paletas del impulsor = 1,97 m

D : Diámetro de la turbina = m

$$q = \frac{1,97 \text{ m}}{5}$$

$q = 0,394 \text{ m}$

Diámetro del disco central

Para calcular el diámetro del disco de la turbina se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{DT}{4}$$

Ecuación 13

Datos:

S : Diámetro del disco central = m

DT : Diámetro de la cámara de mezcla = 5,90 m

$$S = \frac{5,90 \text{ m}}{4}$$

$$S = 1,46 \text{ m}$$

Altura del impulsor respecto al fondo del tanque

Para calcular la altura se necesita de la siguiente ecuación:

$$h = \frac{D}{1}$$

Ecuación 14

Datos:

h: altura del impulsor respecto al fondo del tanque = m

D: diámetro de la turbina = 1,97 m

$$h = \frac{1,97 \text{ m}}{1}$$

$$h = 1,97 \text{ m}$$

3.2.3.2 *Dosificación de coagulantes-floculantes*

La cantidad de coagulantes-floculantes y auxiliares que se utilizaron para el tratamiento del agua residual se determina a través de los siguientes cálculos:

- *PAC*

$$x = \frac{Q * C}{P * \rho}$$

Ecuación 15

Datos:

x : Aforo del compuesto químico = L/día

Q: Caudal = $5045760 \frac{L}{\text{día}}$

C: Concentración del compuesto químico utilizado en el test de jarras = $6 \times 10^{-5} \frac{kg}{L}$

P : Porcentaje de dilución del compuesto químico = $1.25 \frac{kg}{L}$

ρ: Densidad del compuesto químico = $1.25 \frac{kg}{L}$

$$x = \frac{5040 \frac{L}{día} * 6x10^{-5} \frac{kg}{L}}{(1,25 * 1,25) \frac{kg}{L}}$$

$$x = 0,19 \frac{kg}{día}$$

- *CHEMFLOCK-N100*

$$x = \frac{Q * C}{P * \rho}$$

Ecuación 16

$$x = \frac{5040 \frac{L}{día} * 9x10^{-5} \frac{kg}{L}}{0,03 * 1,58 \frac{kg}{L}}$$

$$x = 9,50 \frac{Kg}{día}$$

Las sustancias químicas empleadas serán colocadas en un punto específico del tanque de mezcla rápida, que no se pierda en los deflectores, disminuyendo la cantidad y su eficacia.

3.2.3.3 *Dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal de tasa alta*

Para el dimensionamiento del sedimentador se considera como caudal de diseño el agua que sale de la cisterna y llega al tanque de dosificación:

$$Q_{Diseño} = 1,43 \frac{l}{s}$$

$$Q_{Diseño} = 0,0858 \frac{m^3}{min}$$

Tabla 44-3 Datos para el dimensionamiento del sedimentador de flujo horizontal

PARÁMETROS	DATOS	UNIDADES	EXPRESIÓN
Caudal	0,0028	m ³ /s	Q
	0,171	m ³ /min	
	Para ANDELAS 0,0858	m ³ /min	
Tiempo de retención en placas (sugerido)	20	min	Trp
Inclinación de las placas (sugerido)	60	°	Θ
Longitud del sedimentador (sugerido)	6	m	Lp
Ancho del sedimentador (sugerido)	3	m	Bs
Altura del sedimentador (sugerido)	3	m	Zs
Distancia entre placas (sugerido)	5	cm	d
	0,05	m	
Espesor de placas	0,01	m	e
Pendiente (sugerido)	2	%	P
Carga superficial	4,63x10 ⁻⁴	m ³ /m ² .s	Cs
Viscosidad cinemática	1,14x10 ⁻⁶	m ² /s	v
Constante para cada tipo de modulo	1	-----	Sc

Fuente: (EDDY, 1995, pág. 541)

Velocidad inicial

La velocidad con la que llega el agua al sedimentador se calcula con la formula siguiente:

$$V_s = \frac{Lp}{Trp}$$

Ecuación 17

Datos:

V_s : Velocidad inicial en las placas = m/min

Lp : Longitud de placas = 6 m

Trp : Tiempo de retención de placas = 20 min

$$V_s = \frac{6 \text{ m}}{20 \text{ min}}$$

$$V_s = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Área de sedimentación

Para el cálculo del área se necesita la siguiente ecuación:

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Ecuación 18

Datos:

$$Q: \text{Caudal} = 0,00143 \frac{m^3}{s}$$

$$Vs: \text{Velocidad inicial después de instalar las placas (m/min)} = 0,3 \frac{m}{min}$$

$$As: \text{Área} = m^2$$

$$As = \frac{0,00143 \frac{m^3}{s}}{4,63 \times 10^{-4} \frac{m^3}{m^2 \cdot s}}$$

$$As = 3,088 m^2$$

Longitud del área de sedimentación

La longitud se determina usando la siguiente ecuación:

$$Ls = \frac{As}{Bs}$$

Ecuación 19

Datos:

$$Ls: \text{Longitud del área de sedimentación} = m$$

$$As: \text{Área} = 3,088 m^2$$

$$Bs: \text{Ancho del sedimentador} = 3 m$$

$$Ls = \frac{3,088 m^2}{3 m}$$

$$Ls = 1,026 m$$

Longitud relativa del área de sedimentación

Para determinar la longitud relativa se necesita la siguiente ecuación:

$$Lr = \frac{Lp}{d}$$

Ecuación 20

Datos:

Lr: Longitud relativa del sedimentador = m

Lp: Longitud de las placas = 6 m

d: Distancia de separación entre placas = 0,05 m

$$Lr = \frac{6 \text{ m}}{0,05 \text{ m}}$$

$$Lr = 120 \text{ m}$$

Longitud relativa en la zona de transición

Para este cálculo se necesita de la siguiente ecuación:

$$L' = 0,013 * \frac{Vs * d}{v}$$

Ecuación 21

Datos:

L': Longitud relativa en la zona de transición = m

Vs: Velocidad relativa después de instalar las placas = $0,005 \frac{m}{s}$

d: Distancia de separación entre placas = 0,05 m

v: Viscosidad cinemática del fluido = $1,14 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

$$L' = 0,013 * \frac{0,005 \frac{m}{s} * 0,05 \text{ m}}{1,14 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$L' = 2,85 \text{ m}$$

Longitud relativa corregida

Esta longitud está determinada por :

$$Lc = Lr - L'$$

Ecuación 22

Datos:

Lc: Longitud relativa corregida = m

Lr: Longitud relativa del sedimentador = 120 m

L': Longitud relativa en la zona de transición = 2,85 m

$$Lc = 120 m - 2,85 m$$

$$Lc = 117,15 m$$

Velocidad critica de sedimentación

La velocidad critica está determinada por la siguiente ecuación:

$$Vsc = \frac{Sc * Vs}{Sen \theta + Lc * Cos \theta}$$

Ecuación 23

Datos:

Vsc: Velocidad critica de sedimentación = m/min

Sc: Constante para cada tipo de modulo, adimensional

Vs: Velocidad inicial después de instalar las placas = 0,3 m/min

θ : Ángulo (60 grados)

Lc: Longitud relativa corregida = 117,15 m

$$Vsc = \frac{1 * 0,3 m/min}{Sen 60 + 117,15 m * Cos 60}$$

$$Vsc = 0,005 m/min$$

Numero de Reynolds

Es un numero adimensional caracterizado por comprobar el movimiento del fluido es decir si es laminar o turbulento, en este caso del agua residual que llega al sedimentador.

$$Nre = \frac{Vs * d}{\nu}$$

Ecuación 24

Datos:

Nre: Numero de Reynolds (adimensional)

Vs: Velocidad inicial después de instalar las placas = $0,005 \frac{m}{s}$

d: Distancia de separación entre placas = $0,05m$

\nu: Viscosidad cinemática del fluido = $1,14 \times 10^{-6} m^2/s$

$$Nre = \frac{0,005 \frac{m}{s} * 0,05m}{1,14 \times 10^{-6} m^2/s}$$

$$Nre = 219.29$$

Tiempo de retención de placas

Este tiempo se calcula con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{Lp}{Vs}$$

Ecuación 25

Datos:

t: Tiempo de retención de placas = min

Lp: Longitud de las placas = $6 m$

Vs: Velocidad inicial después de instalar las placas = $0,3 m/min$

$$t = \frac{6 m}{0,3 m/min}$$

$$t = 20 min$$

Volumen del tanque de sedimentación

Se calcula con el valor del área superficial y la altura del tanque:

$$V = Zs * Ls * Bs$$

Ecuación 26

Datos:

V: Volumen = m^3

Zs: Altura = 3 m

Ls: Longitud del área de sedimentación = 1,026 m

Bs: Ancho del sedimentador = 7,11 m

$$V = 3 m * 1,026 m * 7,11 m$$

$$V = 21,88 m^3$$

Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 27

Datos:

TRH: Tiempo de retención = min

V: Volumen = 21,88 m^3

Q: Caudal = 0,0858 m^3/min

$$TRH = \frac{21,88 m^3}{0,0858 m^3/min}$$

$$TRH = 255,01 min$$

Número de placas

Para determinar el número de placas que va en el tanque sedimentación se emplea la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{(Ls - Lp * \text{Cos}\theta)\text{Sen}\theta + d}{d + e}$$

Ecuación 28

Datos:

Np: Número de placas (adimensional)

Ls: Longitud del área de sedimentación = 4,49 m

Lp: Longitud de las placas = 6 m

d: Distancia de separación entre placas = 0,05 m

e: Espesor de las placas = 0,01 m

$$Np = \frac{(4,49 \text{ m} - 6 \text{ m} * \text{Cos}60)\text{Sen}60 + 0,05}{0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}$$

$$Np = 22,34 \gg 22 \text{ placas}$$

Altura de la pendiente de sedimentación

Se emplea un ángulo de 2% como consideración para el diseño establecido en el libro de Ingeniería de Aguas Residuales (EDDY, 1995, págs. 538-551).

$$h = \theta * Lc$$

Ecuación 29

Datos:

h: Altura de la pendiente = m

θ : Ángulo de la pendiente (2%) = 0,02

Lc: Longitud relativa corregida = 117,15 m

$$h = 0,02 * 117,15 \text{ m}$$

$$h = 2,34 \text{ m}$$

Diámetro de la tubería de ingreso del agua

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{\frac{Q * 4}{V * \pi}}$$

Ecuación 30

Datos:

Q : Caudal = $3,50 \text{ m}^3/\text{s}$

V : Volumen del tanque de sedimentación = 54m^3

$$\phi = \sqrt{\frac{3,50 \text{ m}^3/\text{s} * 4}{54\text{m}^3 * \pi}}$$

$$\phi = 0,29 \text{ m}$$

$$\phi = 29 \text{ cm}$$

Caudal de diseño

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Diseño}} = Q * 35\%$$

Ecuación 31

Datos:

$Q_{\text{Diseño}}$: Caudal de diseño = L/s

Q : caudal a tratar en = $1,30\text{L}/\text{s}$

35%: Incremento de la producción (valor sugerido por la fábrica Ándelas)

$$Q_{\text{Diseño}} = 1,30\text{L}/\text{s} * 35\%$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 1,755\text{L}/\text{s} \gg 1,76\text{L}/\text{s}$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 1,76 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.3.4 Dimensionamiento del sistema de filtración

Una vez que el agua ha pasado por el proceso de sedimentación mediante una válvula manual que un operador manipula llega al sistema de filtración para su total clarificación.

En la tabla que se muestra a continuación están los parámetros necesarios para los cálculos de diseño:

Tabla 45-3 Datos para el dimensionamiento del filtro lento

PARÁMETROS	DATOS	UNIDADES	EXPRESIÓN
Caudal de diseño	0,0028 Para ANDELAS es de 0,0858	m ³ /s m ³ /min	Q
Área sugerida para el diseño	100 Para ANDELAS es de 50	m ²	As
Número de medios filtrantes	3 Para ANDELAS es 2	-----	N
Factor de seguridad	10	%	Fs
Altura de la capa de agua	1	m	CA
Altura del lecho filtrante	1,6	m	LA
Altura de la capa de soporte	0,3	m	Cs
Altura de drenaje	0,6	m	Fc
Díámetro de orificio	3 0,003	mm m	Do
Velocidad en orificio	0,3	m/s	Vo
Número de laterales por lado	2	-----	nL
Separación entre laterales	2	m	eL
Velocidad del agua a través de la tubería de entrada	1,2	m/s	Ve
Velocidad del agua a través de la tubería de salida	0,5	m/s	Vs
Coeficiente de uniformidad de la arena	2	-----	CU
Tamaño efectivo de la arena	0,30 3x10 ⁻⁴	mm m	TE
Tiempo óptimo de lavado	10 600	min s	ti

Fuente: (Bucay, 2014).

Para comenzar con este cálculo el caudal de trabajo es de 0,00143 m³/s.

$$Q = 0,00143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de filtración

Es la velocidad con la que desciende el agua a tratar por medio de la fracción filtrante, se debe establecer una consideración de diseño en cuanto al área.

$$V_F = \frac{Q}{A_S}$$

Ecuación 31

Datos:

V_F : Velocidad de filtración = m/s

Q : Caudal = $0,055 \frac{m^3}{s}$

A_S : Área = $50m^2$

$$A_S = Q * C_s$$

$$A_S = 0,00143 \frac{m^3}{s} * 4,63 \times 10^{-4} \frac{m^3}{m^2 \cdot s}$$

$$A_S = 6,62 \times 10^{-7} m^2$$

$$V_F = \frac{0,00143 \frac{m^3}{s}}{6,62 \times 10^{-7} m^2}$$

$$V_F = 2160,12 \frac{m}{s}$$

$$V_F = 0,0000286 \frac{m}{min}$$

$$V_F = 0,10 \frac{m}{h}$$

Área superficial real

Para un tratamiento adecuado de este tipo de agua residual se deben diseñar al menos dos filtros lentos para facilitar la limpieza, es decir que cuando el primer filtro se sature, entra en acción el segundo filtro con el objetivo de que no se pierda el tratamiento del agua, las unidades deben estar en paralelo con un área máxima de $100 m^2$.

Es el área donde se ubicara el diseño, que se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_S = \frac{Q}{N * V_F}$$

Datos:

$$V_F : \text{velocidad de filtración} = 0,0000286 \frac{m}{s}$$

$$Q : \text{Caudal} = 0,00143 \frac{m^3}{s}$$

$$A_S : \text{Área} = m^2$$

$$N : \text{Número de unidades (adimensionales)} = 2$$

$$A_S = \frac{0,00143 \frac{m^3}{s}}{2 * 0,0000286 \frac{m}{s}}$$

$$A_S = 25 m^2$$

Coefficiente de mínimo costo

Es un parámetro en el que se considera en número de unidades filtrantes a utilizar.

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Ecuación 33

Datos:

$$N : \text{Número de unidades (adimensional)} = 2$$

$$K : \text{Coeficiente de costo mínimo (adimensional)} = 2$$

$$K = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K = 1,33$$

Longitud del filtro lento

Es la distancia longitudinal con la que se extiende la estructura:

$$L = (A_S * K)^{1/2}$$

Ecuación 34

Datos:

A_S : Área = 25 m^2

K : Coeficiente de costo mínimo (adimensional) = 1,33

L : Longitud = m

$$L = (25 \text{ m}^2 * 1,33)^{1/2}$$

$$L = 5,77 \text{ m}$$

$$\mathbf{L = 6 \text{ m}}$$

Ancho del filtro lento

Es la menor unidad de dimensión horizontal de una estructura, calculada con la siguiente ecuación:

$$B = \left(\frac{A_S}{K}\right)^{1/2}$$

Ecuación 35

Datos:

A_S : Área = 25 m^2

K : Coeficiente de costo mínimo (adimensional) = 1,33

B : Ancho = m

$$B = \left(\frac{25 \text{ m}^2}{1,33}\right)^{1/2}$$

$$B = 4,34 \text{ m}$$

$$\mathbf{B = 4 \text{ m}}$$

Velocidad de filtración real

La velocidad de filtración para los filtros lentos debe variar entre (0.10 a 0.12) m/h, en dependencia del tipo de agua residual y la calidad con la que ingresa. Se calcula de la siguiente manera:

$$VF_r = \left(\frac{Q}{2 * A_S * B}\right)$$

Ecuación 36

Datos:

A_S : Área= 25 m²

B : Ancho = 4,34 m

Q : Caudal = 0,00143 m³/s

$$VF_r = \left(\frac{0,00143 \frac{m^3}{s}}{2 * 25 m^2 * 4,34 m} \right)$$
$$VF_r = 7,15 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$$

Vertedero de entrada

La velocidad recomendada de ingreso del agua residual al filtro es de 0.3 m/s para no dañar el lecho filtrante con entrada brusca del agua.

$$h_a = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{2/3}$$

Ecuación 37

Datos:

B : Ancho= 4,34 m

Q : Caudal = 0,00143 m³/s

h_a : Vertedero de entrada = m

$$h_a = \left(\frac{0,00143 \frac{m^3}{s}}{1,84 * 4,34 m} \right)^{2/3}$$
$$h_a = 0,00335 m$$
$$h_a = \mathbf{0,34 cm}$$

Altura del filtro

Para calcular la altura se emplea la siguiente ecuación:

$$Z_F = F_S(C_A + L_A + C_S + F_C)$$

Ecuación 38

Datos:

Z_F : Altura del filtro = m

F_S : Factor de seguridad (10%)

C_A : Altura de la capa de agua = 1 m

L_A : Altura del lecho filtrante = 1,6 m

C_S : Altura de la capa de soporte = 0,3 m

F_C : Altura del drenaje = 0,6 m

$$Z_F = 1,10(+1,6 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,6 \text{ m})$$

$$\mathbf{Z_F = 3,85 \text{ m}}$$

➤ Sistema de drenaje

Área de orificios laterales

Para calcular el área que ocupara cada orificio se determina con la siguiente formula:

$$A_0 = \frac{\pi * D_o^2}{4}$$

Ecuación 39

Datos:

A_0 : Área de cada orificio = m²

D_o : Diámetro del orificio = 0,003 m

$$A_0 = \frac{\pi * (0,003 \text{ m})^2}{4}$$

$$\mathbf{A_0 = 7,6x10^{-6}m^2}$$

Caudal que ingresa a cada orificio

Para determinar este caudal se emplea la siguiente formula:

$$\mathbf{Q_0 = A_0 * v_0}$$

Ecuación 40

Datos:

A_o : Área de cada orificio = $7,6 \times 10^{-6} m^2$

Q_o : Caudal que ingresa a cada orificio = $\frac{m^3}{s}$

v_o : Velocidad en orificio = $0,3 m/s$

$$Q_o = 7,6 \times 10^{-6} m^2 * 0,3 m/s$$

$$Q_o = 2,12 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

Numero de laterales

Para determinar el número de laterales se emplea la siguiente formula:

$$N_L = n_L \frac{L}{e_L}$$

Ecuación 41

Datos:

N_L : Numero de laterales (adimensional)

n_L : Numero de laterales por lado (adimensional) = 2

e_L : Separación entre laterales = 2 m

$$N_L = 2 * \frac{6 m}{2 m}$$

$$N_L = 6 \text{ Laterales}$$

Diámetro de la tubería de entrada al filtro

Para este cálculo se emplea la siguiente formula:

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_e}}$$

Ecuación 42

Datos:

D_{Te} : Diámetro de la tubería de entrada del agua al filtro = m

Q : Caudal de diseño = 0,00143 m³/s

v_e : velocidad del agua a través de la tubería de entrada = 1,2 m/s

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4 * 0,00143 \frac{m^3}{s}}{\pi * 1,2 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{Te} = 0,038 \text{ m}$$

$$\mathbf{D_{Te} = 3,89 \text{ cm}}$$

Diámetro de la tubería de salida del filtro

Para este cálculo se emplea la siguiente formula:

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_s}}$$

Ecuación 43

Datos:

D_{Ts} : Diámetro de la tubería de salida del agua al filtro = m

Q : Caudal de diseño = 0,00143 m³/s

V_s : Velocidad del agua a través de la tubería de salida = 0,5 m/s

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * 0,00143 \frac{m^3}{s}}{\pi * 0,5 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{Ts} = 0,060 \text{ m}$$

$$\mathbf{D_{Ts} = 6,03 \text{ cm}}$$

➤ *Sistema de lavado del filtro*

Velocidad de lavado del filtro

Para determinar velocidad de lavado se emplea la siguiente formula:

$$V_L = CU * TE$$

Ecuación 44

Datos:

V_L : velocidad optima de lavado del filtro = m^3

CU : Coeficiente de conformidad de la arena (adimensional) = 2

TE : Tamaño efectivo de la arena = $3 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$

$$V_L = 2 * 3 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$V_L = 6 \times 10^{-4} m/s$$

Cantidad de agua para el lavado del filtro

Para determinar cantidad de agua para el lavado se emplea la siguiente formula:

$$v_L = V_L * A_S * t_l$$

Ecuación 45

Datos:

v_L : Velocidad optima de lavado del filtro = m^3

A_S : Área superficial = $25m^2$

t_l : Tiempo óptimo de lavado = 600 s

$$v_L = 6 \times 10^{-4} \frac{m}{s} * 25m^2 * 600 s$$

$$v_L = 9 m^3$$

3.3 Proceso de Producción

3.3.1 Resultados del dimensionamiento del sistema propuesto

Para este estudio se tomó en cuenta que el proceso es semicontinuo ya que el agua que sale de las maquinas depende del número de descargas de agua al día y la capacidad de producción de la empresa cuando la cisterna se llena automáticamente la bomba se activa para pasar el agua al sistema de tratamiento y este caudal es el que se necesita para el dimensionamiento de los procesos propuestos.

En las tablas que se presentan a continuación están detallados los resultados del dimensionamiento para cada uno de los procesos a implementar en la propuesta de estudio.

Caudal

Tabla 46-3 Caudal de diseño

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal que sale de la cisterna	Q	L/s	1,43

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.1.1 Diseño de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina

Realizados los cálculos de ingeniería para diseñar el sistema de mezclado rápido en la tabla siguiente se detallan los resultados de dichos cálculos:

Tabla 47-3 Dimensionamiento de los mezcladores rápidos mecánicos de turbina

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Volumen del tanque.	V	m ³	188,5
Diámetro de la cámara de mezcla.	DT	m	5,90
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	6,88
Diámetro de la turbina	D	m	1,97
Anchura de los deflectores	Wd	m	0,20
Dimensiones de las paletas	W	m	0,50
Potencia aplicada al agua residual	P	WATT	1,30x10 ⁶
Velocidad de rotación	N	rpm	0,0019
Anchura de las paletas del impulsor	q	m	0,394
Diámetro del disco central	S	m	1,46
Altura del impulsor respecto al fondo del tanque	h	m	1,97

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.1.2 Dosificación

Los cálculos de ingeniería son enfocados a las cantidades que se requieren cada día.

Tabla 48-3 Dosificación de coagulantes-floculantes

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
PAC	X	Kg/día	0,19
CHEMFLOCK-N100	X	Kg/día	9,57

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.1.3 Sedimentador de Flujo Horizontal de Tasa Alta

Los resultados de los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del dimensionamiento de un sedimentador se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 49-3 Dimensionamiento del tanque sedimentador de tasa alta

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Velocidad inicial	Vs	m/min	0,3
Área de sedimentación	As	m ²	3,88
Longitud del área de sedimentación	Ls	m	1,026
Longitud relativa del área de sedimentación	Lr	-----	120
Longitud relativa en la zona de transición	L'	-----	2,85
Longitud relativa corregida	Lc	m	117,15
Velocidad crítica de sedimentación	Vsc	m/min	0,005
Numero de Reynolds	Nre	-----	219,29
Tiempo de retención de placas	t	min	20
Volumen del tanque de sedimentación	V	m ³	21,88
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	TRH	min	255,01
Número de placas	Np	placas	22
Altura de la pendiente de sedimentación	h	m	2,34
Diámetro de la tubería de ingreso del agua	Ø	cm	29
Caudal de diseño	Q _{Diseño}	m ³ /s	1,76x10 ⁻⁶

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.1.4 Diseño de un filtro lento

El sistema de filtración es uno de los más interesantes porque es un sistema combinado y aquí termina el proceso de tratamiento del agua residual y los resultados de los cálculos de ingeniería son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 50-3 Dimensionamiento del filtro lento

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	0,00143
Velocidad de filtración	V _F	m/s	2160,12
Área superficial real	A _s	m ²	25
Coefficiente de mínimo costo	K	-----	1,33
Longitud del filtro lento	L	m	6
Ancho del filtro lento	B	m	4
Velocidad de filtración real	V _{Fr}	m/h	7,15X10 ⁻⁶
Vertedero de entrada	H _a	cm	0,34
Altura del filtro	Z _F	m	3,85
Sistema de drenaje			
Área de orificios laterales	A _o	m ²	7,6x10 ⁻⁶
Caudal que ingresa a cada orificio	Q _o	m ³ /s	2,12x10 ⁻⁶
Numero de laterales	N _L	Laterales	6
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	D _{Te}	cm	3,89
Diámetro de la tubería de salida del filtro	D _{Ts}	cm	6,03
Sistema de lavado del filtro			
Velocidad de lavado del filtro	V _L	m/s	6x10 ⁻⁴
Cantidad de agua para el lavado del filtro	v _L	m ³	9

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.2 Propuesta del rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS

Para proponer este rediseño primero se hizo un ensayo en un laboratorio comenzando con una caracterización completa a una muestra compuesta de agua residual para conocer qué tipo de contaminantes estaba presentes en esta agua.

Realizando pruebas de tratabilidad y conociendo el índice de Biodegradabilidad se tomó la decisión de darle un tratamiento físico-químico al agua residual de la empresa ANDELAS que es el procedimiento idóneo para tratar y clarificar el agua residual.

El rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS es necesario ya que si se implementa estos procesos propuestos que son: un mezclador rápido de turbina, un sedimentados horizontal de tasa alta, y un filtro combinado de arena con carbón activado y un lecho de secado para lodos, es posible reutilizar el agua en los procesos productivos de la empresa y así la contaminación disminuye en un porcentaje considerable. Cabe recalcar que todos estos procesos a más de ayuda de la gravedad natural ser también apoyada en bombas para su mejor tiempo circulación del agua dentro de los procesos propuestos.

3.3.2.1 Diagrama del proceso actual que tiene la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS

La empresa actualmente cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que cuentan con la mayoría de equipos como bombas válvulas etc., pero no funciona adecuadamente, solo hacen un pretratamiento que consta de una neutralización con ácido sulfúrico concentrado para homogeneizar el agua residual se hace uso de un sistema de aireación y con un tiempo de reposo de una hora el agua es descargada directamente al río lo que provoca una inmensa contaminación ambiental.

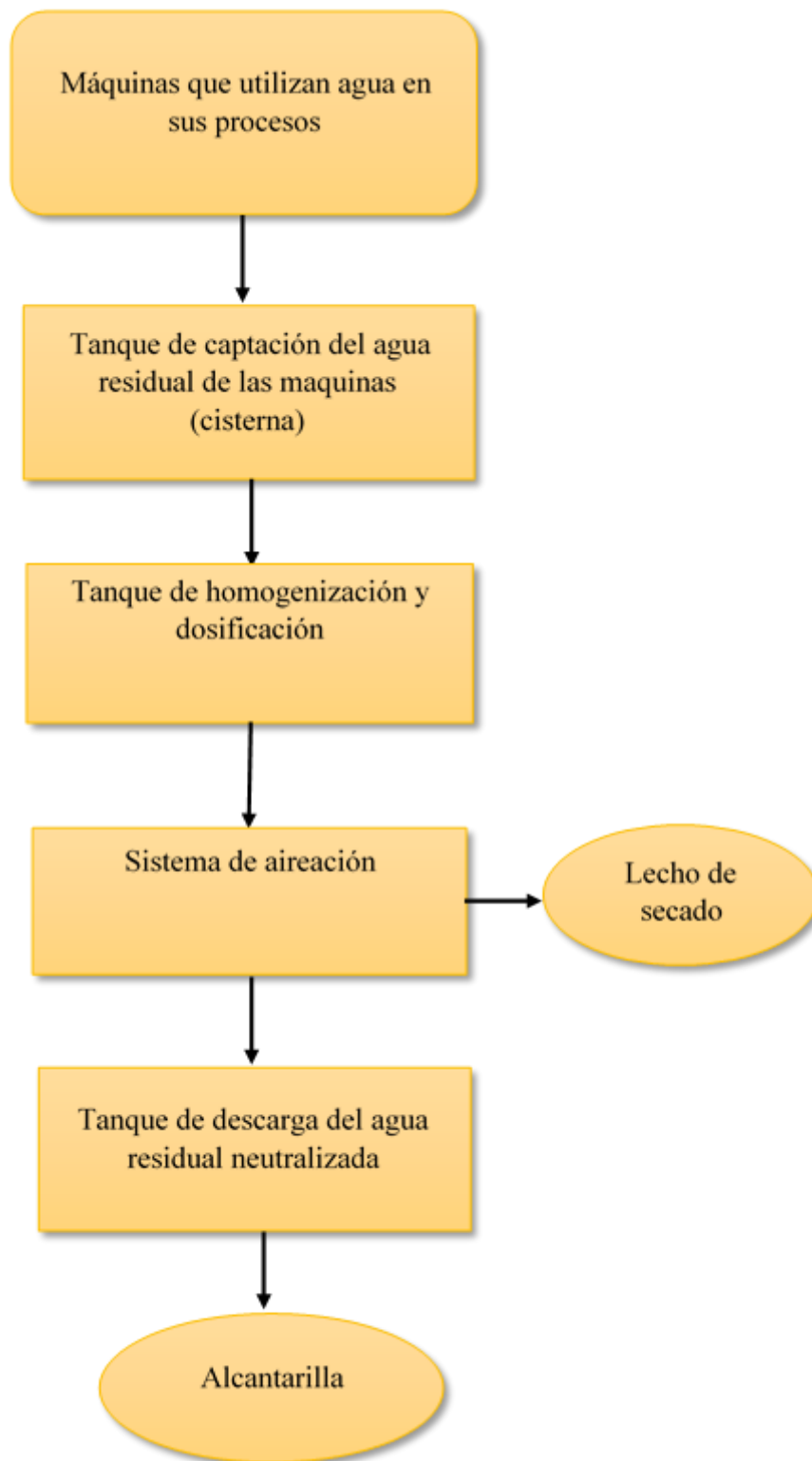


Figura 5-3 Proceso actual del sistema de tratamiento actual de la empresa ANDELAS
Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.2.2 Diagrama del proceso propuesto del rediseño para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS

El sistema del tratamiento de aguas residuales que se propone en este proyecto está basado en un rediseño que consta de:

Cisterna

A la cisterna llega el agua que descargan las siguientes máquinas: DMS que tiene una capacidad de 2600 litros de agua. LAIP que tiene una capacidad de 1700 litros de agua. THIES 3 que tiene una capacidad de 500 litros de agua. THIES 4 que tiene una capacidad de 1500 litros de agua. Cada máquina tiene un tiempo determinado de descarga que en promedio son 2 por día de trabajo.

Mezclador rápido de turbina

A este tanque el agua que sale de la cisterna llega con la ayuda de una bomba, aquí se realiza la dosificación del policloruro de aluminio y el chemflok, y con el mezclado por la agitación de las pañetas de la turbina se forman los flocs que luego pasan al sedimentador.

Sedimentador horizontal de tasa alta

El agua que llega al sedimentador está regulada por una válvula manual que controla el caudal, aquí los flocs formados en el mezclador rápido de turbina se sedimentan dejando el agua con un color casi transparente luego esta agua sale mediante gravedad natural al sistema de filtración para su clarificación total.

Filtro combinado de arena con carbón activado

El agua que llega al sistema de filtración es por ayuda de la gravedad natural primero pasa por una capa de grava luego pasa por la arena fina y llegando finalmente al carbón activado donde termina el proceso de tratamiento quedando el agua clara y transparente que luego es depositada en un tanque de almacenamiento que constará de una bomba para llevar el agua mediante una tubería hasta el canal de agua que ingresa del río a la empresa donde se da la reutilización comenzando así nuevamente el ciclo.

Lecho de secado

Este punto es uno de los más delicados a tratar ya que el estudio para que este lecho de secado funcione de forma eficiente es extenso, el propósito de mencionarlo aquí es que la empresa cuenta con este sistema ya construido y los lodos que aquí se extraen ANDELAS paga a una empresa dedicada a tratamiento de lodos lo único que se quiere dejar en claro de este punto es que el lodo que queda en el sedimentador con la ayuda de una bomba es llevado al lecho de secado donde será trasladado por la empresa encargada del tratamiento de los lodos.

Debido a que el lecho de secado cuenta con los implementos necesarios como son las bombas y las tuberías y esta apartado del sistema a rediseñar se conservara este lecho y se adecuará las tuberías a los unidades propuestas y así tendrá una utilidad eficiente este sistema de lecho de secado para lodos.

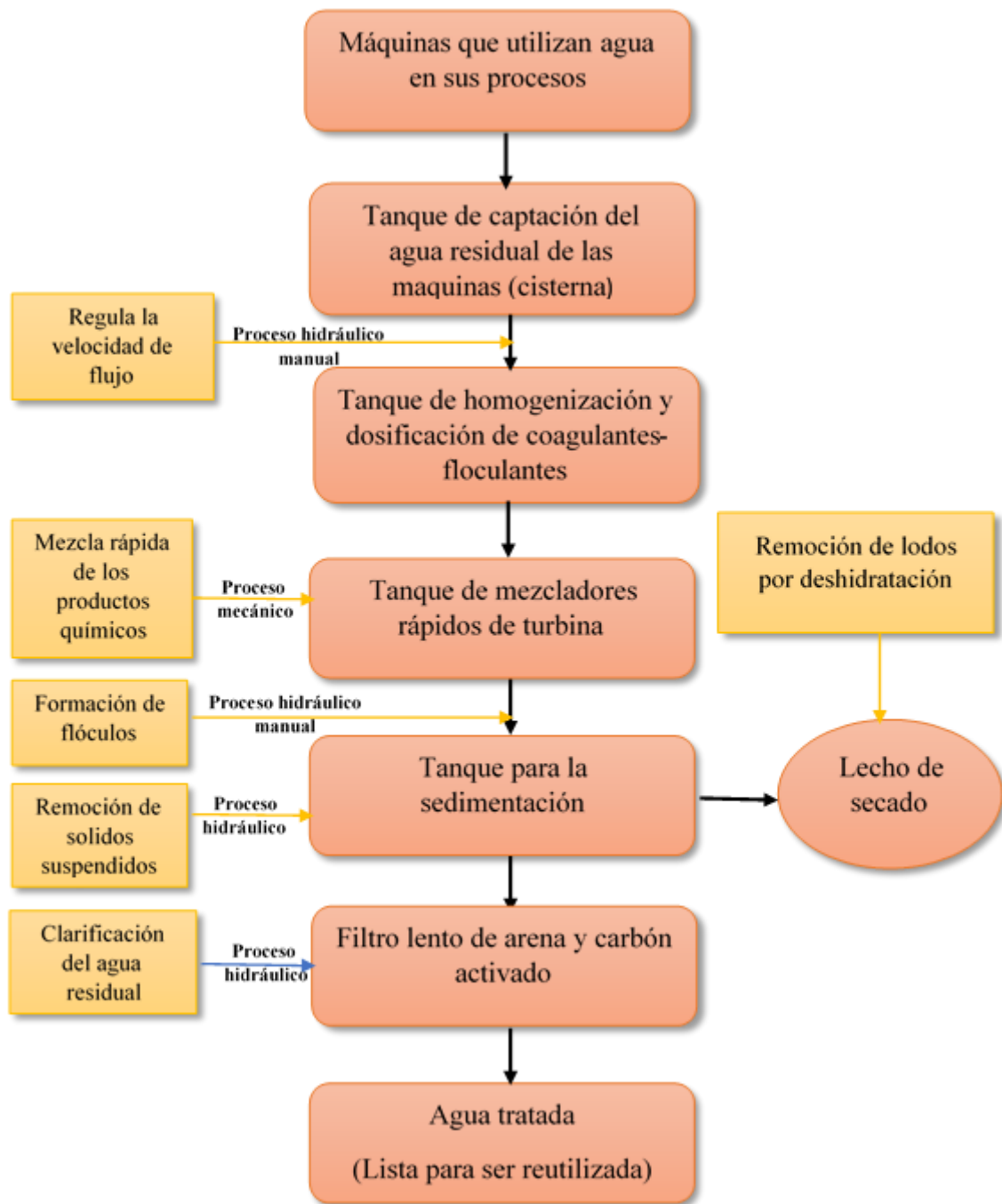


Figura 6-3 Proceso propuesto para el rediseño de la planta de tratamiento de la empresa ANDELAS

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.3.2.3 Comparación del sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS.

Sistema actual



Sistema propuesto

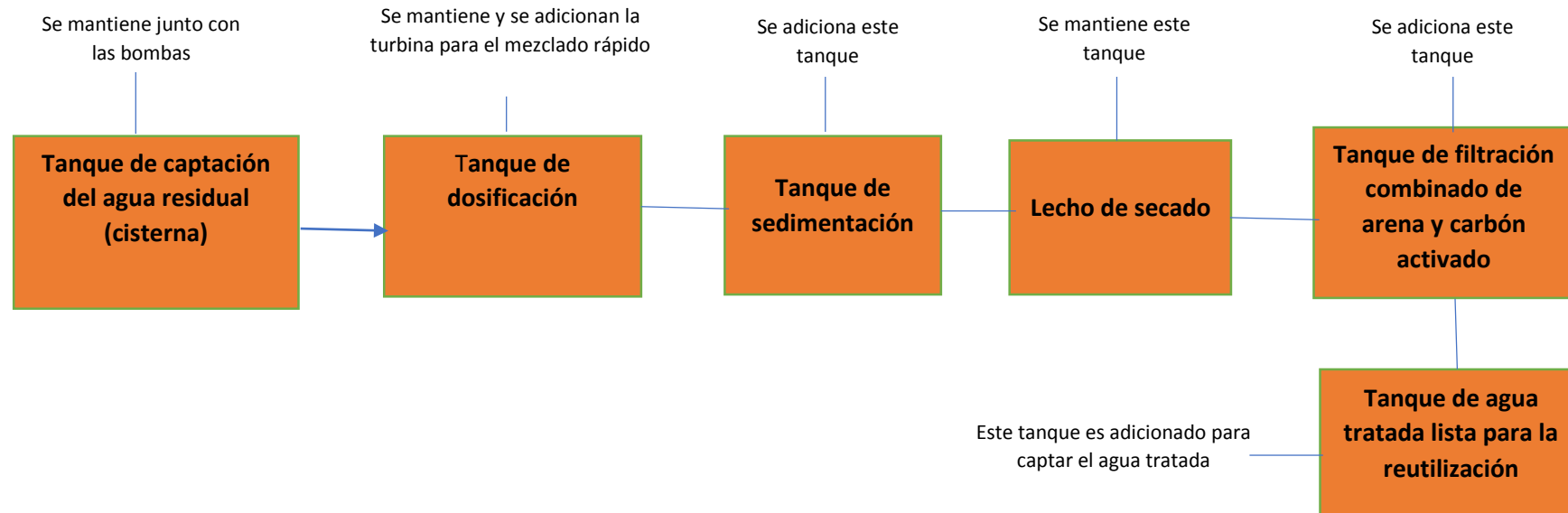


Figura 7-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS

3.4 Requerimiento de materiales y equipos para el rediseño de aguas residuales.

3.4.1 Tipos de materiales utilizados en las unidades que conforman el sistema de tratamiento, tuberías y accesorios.

Para que una planta de tratamiento de agua residuales funcione con calidad y este en óptimas condiciones tiene que estar construido de tal forma que permita una depuración eficaz, con características únicas como son la impermeabilidad y tenga una resistencia total.

3.4.1.1 Unidades que conforman el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa ANDELAS

Las unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales y su respectivos materiales con los que están construidos se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 51-3 Unidades con las que cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales.

Unidades	Material
Tanque cisterna	Hormigón armado
Tanque de mezclado rápido	Hormigón armado
Tanque de sedimentación	Hormigón armado
Sistema de filtración	Hormigón armado
Tanque de lecho de secado	Hormigón armado

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.4.1.2 Tuberías y accesorios que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales.

En este segmento se menciona cosas que antes no se toma en cuenta pero ya cuando de material y equipos que se requiere hay que mencionarlos en la tabla que se presenta a continuación veremos algunos de estos accesorios y materiales:

Tabla 52-3 Descripción de tuberías y accesorios para un sistema de tratamiento de aguas residuales

	Material	Descripción
Tuberías		
Tubos	PVC	Se utilizan las tuberías para todas las unidades que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales,
Accesorios		
Codos	PVC	Los codos permiten dar dirección a las tuberías en las diferentes unidades que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.
Uniones Gibault	PVC	Estas uniones son utilizadas para unir las válvulas que se encuentran en ciertas unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales.
Válvula de compuerta	PVC	Tiene como principal función de regular los caudales y otros líquidos presentes en ciertas unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales

Fuente: (Ramos, 2017, págs. 124-125)

3.4.1.3 Otros componentes que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales.

En la tabla que a continuación presentaremos se hace mención de los equipos y la tecnología utilizada en el sistema de tratamiento de aguas residuales :

Tabla 53-3 Descripción de los componentes utilizada en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Componente	Material	Descripción
Mezclador rápido de turbina	Acero inoxidable	Sirve para la mezcla de la dosificación de los floculantes y coagulantes en el sistema de tratamiento de aguas residuales.
Bombas	Acero	Sirve para bombear el agua y los lodos cuando la gravedad natural no funciona en ciertas unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: (Ramos, 2017, págs. 124-125)

3.4.2 Distribución de la Planta

El rediseño que se propone solo es en el tanque de aireación que cuenta con una área de 204 m² en donde se adecuará los dos sistemas que se propone el tanque de sedimentación y el sistema de filtración combinado de arena y carbón activado.

3.4.2.1 Descripción de las áreas

Área del sistema de mezclado rápido: En esta área el agua residual llega mediante bombas desde el tanque cisterna, aquí se adecuará la turbina que tendrá como función ser el mezclador del agua y los químicos (floculante-coagulante). (ver ANEXO E)

Área de sistema de sedimentación: Este tanque será adecuado dentro del área que actualmente es del sistema de aireación el cual tendrá como función sedimentar los sólidos suspendidos y retenerlos. (ver ANEXO E)

Área de filtración: este sistema se adicionará también dentro del área que actualmente es el sistema de aireación y constará de capara de grava, arena y carbón activado donde el agua se transparenta casi en su totalidad. (ver ANEXO E)

Cabe recalcar que el sistema de tratamiento que actualmente está construido si consta con un cuarto de control de máquinas solo para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

3.5 Análisis de costo/beneficio del proyecto

El objetivo del rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa no solo se basa en cumplir con los parámetros y normas ambientales que pide las autoridades sino reducir el gasto de compra de agua mediante la reutilización del agua residual que se puede recuperar.

En los días que el agua no llega desde el río a la empresa, se hace el pedido de tanqueros para llenar el tanque cisterna así la empresa trabaje con normalidad el costo de cada tanquero es de 13 dólares y tiene una capacidad de 13 m³, un día que no haya agua del río la empresa compra 24 tanqueros de agua que tiene un costo total de 312 dólares/día.

La implementación de este estudio es decisión de la empresa ANDELAS, la estimación de costos de la obra civil está detallada en la Tabla 51-3 y los costos de dosificación se presentan en la Tabla 52-3.

Tabla 54-3 Presupuesto general para el sistema de tratamiento.

Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Precio Global(\$)
TANQUE MEZCLADOR				
Replanteo y nivelación	m ²	23,50	1,05	24,68
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	80,00	9,45	756,00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	34,30	4,39	150,58
Mezclador 1,5 HP	U	1	230	230,00
			Subtotal	1161,26
SEDIMENTADOR DE ALTA TASA				
Limpieza y desbroce	m ²	60,15	1,00	60,15
Replanteo y nivelación	m ²	90,2	1,57	141,61
Excavación manual	m ²	110,36	8,50	938,06
Replantillo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	3,72	90,50	336,66
Hormigon simple F'C= 210Kg/cm ²	m ²	46,32	121,00	5604,72
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	100,39	9,45	948,69
Encofrado de madera	m ²	151,21	6,91	1044,86
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	131,00	5,90	772,9
			Subtotal	9847,64
FILTRO LENTO DE ARENA Y CARBÓN ACTIVADO				
Limpieza y desbroce	m ²	31,75	1,00	31,75
Replanteo y nivelación	m ²	31,75	1,57	49,85
Excavación manual	m ³	26,36	8,50	224,06
Grava	m ³	9,12	18,50	168,72
Hormigon simple F'C= 210Kg/cm ²	m ³	42,32	142,59	6034,41
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	62,39	9,45	589,59
Encofrado de madera	m ²	51,21	6,91	353,86
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	41,21	5,90	243,14
Arena	m ³	24,18	20,40	493,27
Carbón activado granular	Kg	200	2,70	540,0
			Subtotal	8728,65
Total de costo para el rediseño				18576,29

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

Para los costos de dosificación se hace relación desde el costo de un día hasta el costo que tendrá en un año.

Tabla 55-3 Determinación de los costos de dosificación

Policloruro de aluminio PAC					
Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo unitario \$	Costo diario \$	Costo mensual \$	Costo anual \$
0,19	25	0,90	0,17	5,10	61,20
Auxiliar de coagulación CHEMFLOCK					
9,50	25	9,00	85,5	2565	30780
Total			85,67	2570,10	30841,20

Realizado por: Juan Pablo Olovacha 2017

3.6 Cronograma del Proyecto

Tabla 56-3 Cuadro en el que se compara el sistema propuesto con el sistema actual de tratamiento de la empresa ANDELAS

Actividad / Tiempo requerido	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes	Cuarto mes	Quinto mes	Sexto mes
Observar y diagnosticar el rediseño de la PTAR						
Presentar el aval de la empresa en donde se va realizar el proyecto						
Presentar la propuesta del tema de titulación						
Elaborar y presentar el anteproyecto						
Monitoreo y muestreo del agua residual en la empresa						
Realizar análisis de caracterización al agua residual en el laboratorio y tabulación de datos						
Ordenar y analizar la información						
Cálculos de ingeniería y dimensionamiento del sistema de tratamiento						
Presentar el proyecto en borrador y corrección de los mismos						
Defensa del proyecto de titulación						
Auditoria del proyecto de titulación						
Empaste del trabajo de titulación y entrega						
Incorporación o grado						

Realizado por: Junan Pablo Olovacha 2017

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa ANDELAS los resultados obtenidos en las caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas así como también en los ensayos de tratabilidad del agua residual, van encaminados a evitar la contaminación ambiental, por lo que se hace indispensable el rediseño de la planta de tratamiento ya que la misma no tiene un funcionamiento adecuado y las descargas del efluente contaminado se hace directamente al río Macuchi que baña toda la zona agrícola del valle de Patate.

Utilizando el método volumétrico se hicieron las aforaciones respectivas en el mes de mayor producción de la empresa y su caudal está especificado en la tabla 8-3, también en este mes se tomó la muestra de agua residual compuesta para su análisis respectivo.

Se consideró una sola muestra compuesta para el análisis, obteniendo en la caracterización físico-química y microbiológica los siguientes resultados de los parámetros que están fuera de norma: Color, Turbiedad, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Fosfatos ($P-PO_4^{3-}$), Sulfatos (SO_4^{2-}), Fluoruros (F), Hierro Total (Fe), Manganeseo (Mn^{2+}), Cromo (Cr^{+6}), Dureza Total ($CaCO_3$), Cobalto (Co), Plomo (Pb^{2+}), DBO_5 , DQO, estos datos obtenidos están detallados en la tabla 19-3, los mismos fueron tabulados y comparados con los datos de los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).

Tomando en cuenta todos los aspectos antes mencionados se realizó la tratabilidad mediante una prueba de jarras a la muestra compuesta de agua residual aplicando un tratamiento físico-químico, a diferentes concentraciones de coagulante policloruro de aluminio (PAC), auxiliar de coagulación CHEMFLOCK-N100 e hipoclorito de calcio para la desinfección, los mismos permitieron bajar las concentraciones de los parámetros que estaban fuera de los límites permisibles de la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA (Registro Oficial No.387, 4 de Noviembre del 2015).

La decisión de hacer un tratamiento químico está basada en el valor obtenido del Índice de Biodegradabilidad promedio (DBO_5/DQO) igual a 0.147 determinado a 20°C de temperatura, lo que indica que el efluente es de naturaleza poco biodegradable.

En las pruebas de tratabilidad, para la turbiedad de un valor de 694,91 NTU con un pH de 8,52 a 200 revoluciones por minuto (rpm) y con un tiempo de agitación de 30 minutos, la dosis adecuada del coagulante policloruro de aluminio (PAC) fue de 240 ml y el auxiliar de coagulación

CHEMFLOCK-N100 fue de 280 ml para obtener una turbiedad final de 0,63 con un 99,91% de remoción máxima de los contaminantes que se indica en la tabla 12-3.

Los resultados obtenidos en el porcentaje de remoción de contaminantes que están detallados en la tabla 21-3 y luego graficados para su mejor comprensión son valores que se obtuvieron haciendo ensayos en un laboratorio externo.

Con respecto a los lodos se deberá realizar otras investigaciones para su disposición final, y si es posible realizar una reutilización o reciclaje de los mismos.

Si la empresa decide implementar el rediseño propuesto que tiene un costo estimado de 18576,29 dólares para que entre en operación. La reutilización del agua residual es factible, también es posible disminuir costos de compra de agua de tanqueros ya que el costo diario de la dosificación de los químicos para tratar el agua residual es de 86,39 dólares que es menor que el costo diario de tanqueros que tiene un valor de 312 dólares, la ventaja de esta propuesta es que si la cisterna de agua se llena y el agua tratada sobrante puede fluir sin ningún problema y descargarse en el río disminuyendo los costos y el impacto ambiental que se busca.

CONCLUSIONES

- En el análisis físico – químico y microbiológico de las aguas residuales de la empresa textil ANDELAS, se determinó los parámetros que están fuera de los límites permisibles según la Tabla N° 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce. Los parámetros más relevantes que se encuentran fuera de norma son: Color, Turbiedad, Sólidos Totales Disueltos, Dureza Total (CaCO_3), DBO_5 , DQO.
- Las variables identificadas como adecuadas para el rediseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la empresa ANDELAS son: el caudal y el tiempo estimado de retención del agua en cada una de las etapas de proceso propuesto, la dosificación de coagulante-floculante diario.
- Realizando los cálculos de ingeniería según los criterios para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se propone implementar los siguientes procesos: un tanque mezclador, un tanque sedimentador de tasa alta, un filtro lento combinado de arena y carbón activado.
- Con el índice de Biodegradabilidad (DBO_5/DQO) que se detalla en las tablas 10-3 y 11-3 se determinó el tipo de tratamiento adecuado para el agua residual de la empresa ANDELAS y con los ensayos realizados en un Laboratorio externo y acreditado se comprobó la depuración y la remoción de contaminantes que están dentro de los límites permisibles según la norma, todos los valores se detallan en la tabla 19-3.
- La empresa ANDELAS cuenta con el lecho de secado para lodos que se encuentra en óptimo funcionamiento, el cual deberá seguir operando con la implementación del rediseño propuesto para la PTAR. Además de realizar investigaciones precisas de los lodos, para determinar las opciones de disposición final de los mismos.

RECOMENDACIONES

- A la Empresa Textil ANDELAS se recomienda aplicar el presente estudio de rediseño e implementar los procesos propuestos ya que así se obtiene un agua tratada que puede ser reutilizada en los procesos productivos de la empresa y disminuir la contaminación al ambiente.
- Se recomienda colocar válvulas manuales para controlar los caudales en todos los procesos propuestos y así se tendrá buen funcionamiento y manejo adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- A la Empresa Textil ANDELAS se recomienda implementar un laboratorio de análisis de aguas in situ, el cual tiene un objetivo específico de monitorear el estado del agua en todo momento y controlar las dosificaciones de químicos adecuados en el tratamiento del agua residual y tomar decisiones para corregir errores si los hubiera.
- Retirar los lodos al lecho de secado propuesto de los diferentes procesos propuestos en un tiempo adecuado para no tener problemas en el tratamiento del agua y así garantizar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Adecuar el plan de contingencia que tienen instalado en la empresa al rediseño propuesto para el tratamiento de aguas residuales y así en el momento de dar mantenimiento a la planta de tratamiento no haya contratiempos negativos.
- Los lodos una vez caracterizados y estabilizados, se puede realizar un reciclaje de subproductos como pastas residuales procedentes de la cadena productiva o una disposición de lodo textil biológico para destino agrario.

BIBLIOGRAFÍA

APHA, A. E. *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (17 ed.). Madrid, España, 1992.

AYALA, A. N. *Estudio para la reducción de colorantes en las aguas residuales de la Industria Textil a través de procesos electroquímicos. [En línea]* (Tesis pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador, 2016. (Consulta: 08 de Enero 2017). Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1508/13/UPS-CT002191.pdf>

BUCAI, R. *Rediseño de una planta de aguas residuales para EP-Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Guaranda. [En línea]* (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador, 2014. (Consulta: 3 de Marzo 2017). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3658>

CEPIS-OPS, L. C. *DRTYDEN AQUA TECHNOLOGY*. 2014 [En línea] (consulta: 12 de Febrero de 2017). Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>

CONTROL AND HANDLING S. A. [En línea] (Consulta: 26 de Enero de 2017) Disponible en: http://indostra.com/docs/Catalogo_Flow_Control_Agitadores_Industriales.pdf

CRITES, T. *Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá-Colombia, 2000.

EDDY, M. Y. *Indaniería de aguas residuales, Tratamiento, vertido y neutralización* (Tercera ed). Madrid-España, 1995. págs. 538-540.

EMZULIA. *Emzulia E.S.P.* 2014. [En línea] (Consulta 26 de Enero 2017) Disponible en: <http://www.emzuliaesp.com/sedimentacion.html>

INDUSTRIES, C. *Products-Liquid-ChemFloc descripción del producto, 2007.* [En línea] (Consulta 7 de Enero de 2017) Disponible en : <http://chemtexindustries.com/Products-Liquid-ChemFloc.htm>

ISA. *pac_01 Pac policloruro de aluminio*, 2009. [En línea] (Consulta 7 de Enero de 2017), disponible en: http://torres.com.ec/pdf/pac_01.pdf

LÓPEZ, A. *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - provincia de Chimborazo.* [En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador, 2013. (Consulta: 12 de Febrero de 2016). Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>

MENENDEZ, P. *Realizar el análisis verificativo de equipos energéticos y mejoramiento de la red de distribución de calor en la fábrica ANDELAS CÍA. LTDA.* [En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Mecánica. Escuela de Mecánica. Riobamba - Ecuador. 2013. (Consulta: 5 de Noviembre de 2016). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4917>

MENDOZA, S. P. (30 de 09 de 2015). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia San Mateo del Cantón Esmeraldas.* [En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador, 2015. (Consulta: 30 de Enero de 2017). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4766>

MOTT ROBERT L. *Diseño de elementos de maquinas* (Cuarta ed.). Mexico-Mexico, 2006. págs. 325-326.

PAREDES, C. *Diseño de la planta de tratamiento para aguas residuales de la lavandería y tintitería JAV-TEX del canton Pelileo.* [En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2013. (Consulta: 12 de Febrero de 2017). Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2697>

PROECUADOR. (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones)

PROEC_AS2012_TEXTILES Analisis Sectorial de Textiles y Confecciones, 2013 [En línea] (consulta: 7 de Noviembre de 2016) disponible en:

file:///C:/Users/Usuario/Desktop/PROEC_AS2012_TEXTILES.pdf

RAMALHO, R. S. *Tratamiento de aguas residuales*, 1983. Quebec, Canada. págs. 138-139-140.

RAMIREZ, R. *Diseño de plantas de tecnología apropiada*, 2016 [En línea] (consulta: 3 de Febrero de 2017) disponible en:

http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/ma2_cap2.pdf

RAMOS, K. *Diseño de un Sistema de Tratamiento del Agua residual de la Fabrica de Textiles Hilario en el canton Guano.* [En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2017. (Consulta: 5 de Mayo de 2017). Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2697>

RUSSELL, D. L. *Tratamiento de aguas residuales Un enfoque practico.* Georgia-USA, 2012. pág. 328.

SALAZAR, J. *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Simiatug del cantón Guaranda provincia de Bolívar.*[En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2016. (Consulta: 09 de Marzo de 2017). Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6517>

TENEMAZA, L. *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para el centro de faenamamiento municipal del canton Guaranda en el año 2015.* [En línea] (Tesis pregrado). ESPOCH. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2015. (Consulta: 25 de Noviembre de 2016). Disponible en:
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4801>

TERRAMETRICS. *Dises.net.* 2017 [En línea] (consulta: 29 de Septiembre de 2016). Disponible en: <http://mapasamerica.dices.net/ecuador/mapa.php?nombre=Ambato&id=11141>

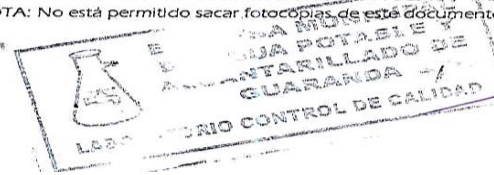
TULSMA. *Libro VI Anexo I.* Quito-Ecuador. 2015. (consulta: 3 de Diciembre de 2016)

ANEXOS

Anexo A. Resultados de la caracterización físico-químico y microbiológico

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO PROCEDENCIA DESCARGA									
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA Lim. Max. Per	NOVIEMBRE						LUEGO TRATAMIENTO
			01-nov	08-nov	16-nov	24-nov	30-nov	M. COMP	
COLOR	UTC	lna. en dis	850.00	1100.00	900.00	875.00	950.00	935.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	.....	556.04	780.21	664.97	608.37	864.97	694.91	0.63
pH	.....	6 - 9	8.09	8.25	8.64	8.96	8.65	8.52	7.08
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	1267.34	987.65	1124.62	1100.93	115.68	919.24	87.64
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	130	763.52	864.73	857.08	809.34	894.31	837.80	38.57
TEMPERATURA	°C	Cond. Nat ±3	19.96	19.82	19.87	19.67	19.92	19.85	17.98
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	50.0	42.06	38.95	40.65	41.38	40.65	40.74	3.65
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10.0	15.64	14.97	15.23	16.30	15.67	15.56	0.007
NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N)	mg/L	30.0	22.61	28.41	36.49	30.67	29.64	29.56	0.54
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	1200.00	1015.00	1170.00	1243.00	1195.00	1164.60	0.01
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	13.52	16.57	14.06	16.53	15.42	15.22	2.00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	18.65	17.20	18.46	17.90	18.26	18.09	0.37
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	2.0	3.560	3.980	4.510	4.256	3.962	4.054	0.04
CROMO (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	0.78	0.90	0.82	0.69	0.72	0.78	0.008
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.51	0.48	0.57	0.36	0.42	0.47	0.005
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	.....	600.00	420.00	520.00	500.00	560.00	520.00	0.04
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	5.0	0.045	0.067	0.079	0.068	0.072	0.066	24.00
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	1000	856.34	758.39	697.36	720.68	690.34	744.62	0.007
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.82	0.78	0.73	0.94	0.83	0.82	3.86
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.42	0.49	0.52	0.56	0.70	0.54	0.006
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	0.2	0.12	0.16	0.20	0.25	0.27	0.20	0.007
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	5.0	0.74	0.80	0.76	0.63	0.59	0.70	< 0.01
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	0.1	0.005	0.005	0.007	0.009	0.009	0.007	< 0.10
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.1	0.32	0.45	0.34	0.29	0.32	0.34	< 0.20
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	2.0	2.65	1.97	2.41	2.85	2.23	2.42	< 0.02
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.008	0.008	0.007	0.008	0.009	0.008	0.39
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0.007	0.007	0.009	0.008	0.008	0.008	0.04
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.78	0.82	0.81	0.90	0.79	0.82	0.72
DBO ₅	mg/L	100	435.67	445.92	440.08	437.83	460.57	444.01	0.25
DOO	mg/L	200	2980.36	3017.05	2990.67	3100.67	2987.34	3015.22	0.12
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	.....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.50
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	6	10	8	12	10	9.2	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	.....	2	4	1	4	6	3.4	< 1**

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, TABLA 9, DESCARGA A UN CUERPO DULCE. EDICION ESPECIAL No. 387
 NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G



ING. QUI. RAUL ALLAN
 Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G



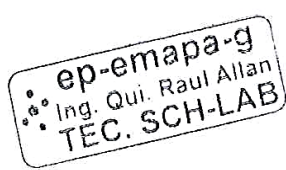
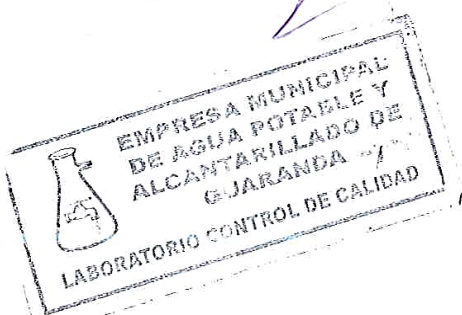
Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • Teléfono: 03 2 981 939 • Fax: 03 2 985 660

Anexo B. Resultados de la dosificación óptima de químicos para la tratabilidad.



PRUEBAS DE JARRAS EFECTUADAS A LAS MUESTRAS						
TURBIEDAD 694.91 NTU, (pHo=8.52, pHf=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 30 m						
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.80	0.02	60.00	70.00	22.58	70.00	9.03
0.80	0.02	120.00	140.00	20.85	90.00	6.95
0.80	0.02	180.00	210.00	29.19	35.00	8.34
0.80	0.02	240.00	280.00	38.91	44.00	9.73
0.80	0.03	60.00	70.00	38.91	42.00	11.12
0.80	0.03	120.00	140.00	46.28	48.10	12.51
0.80	0.03	180.00	210.00	9.45	9.52	13.90
0.80	0.03	240.00	280.00	10.70	10.50	15.29
0.80	0.04	60.00	70.00	12.01	11.52	16.68
0.80	0.04	120.00	140.00	13.37	12.58	18.07
0.80	0.04	180.00	210.00	14.79	13.68	19.46
0.80	0.04	240.00	280.00	9.38	37.50	0.63
0.80	0.05	60.00	70.00	25.99	40.80	7.64
0.80	0.05	120.00	140.00	14.08	48.00	14.66
0.80	0.05	180.00	210.00	20.60	33.25	21.68
0.80	0.05	240.00	280.00	18.65	27.30	28.70

Ing. Qui. Raul Allan
 ING. QUI. RAUL ALLAN
 Técnico Control de Calidad E.P.EMAPAG



JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguaña, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolquí

PAC - P25A

BOLETIN TECNICO PAC -P25A

BENEFICIOS:

- Policloruro de Aluminio utilizado para clarificar agua, para consumo.
- Es totalmente soluble en agua. No ocasiona taponamientos, ni incrustaciones.
- Reemplaza el uso de alumbre y otros coagulantes inorgánicos.
- Efectivo en aguas con alta y baja turbidez.
- Resistente al cloro, puede usarse en sistema con pre-cloración, sin reducción en su actividad.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 8,5 – 12.0

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua de alta y baja turbidez con PH alcalino.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación.
- Trabaja con el uso adicional de un floculante orgánico para dar peso suficiente al floculo formado por la aglomeración de varios coloides para asentarse con la rapidez deseada.

CARACTERÍSTICAS:

Apariencia:	Líquido ligeramente marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.24 ± 0.01
PH puro:	Menor a 1
% Al ₂ O ₃ :	12.0 – 18.0

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- Fabricante: Arch Chemicals, Inc.
- Nombre Químico: Hipoclorito de calcio al 68%
- Fórmula Química: $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Numero CAS: 7778-54-3
- Propiedades Físicas y Químicas

Parámetro	Especificaciones
Apariencia	Blanco, polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad en agua	18% a 25°C
Humedad	< 16%
pH	10.4 - 10.8 (solución al 1% en agua destilada neutral a 25°C)
Densidad	0.8 g/cc (Granular) 1.9 g/cc (Tabletas)

- Composición

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 – 80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de Calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 – 5%	1.4%
Cloruro de Calcio, CaCl_2	0 – 5%	0.5%
Carbonato de Calcio, CaCO_3	0 – 5%	2.3%
Hidróxido de Calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0 – 4%	1.64%
Agua		5.5 – 8.5
Insolubles		<5% w/w

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



Parámetro	Arch Product
Arsénico (As)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Cromo (Cr)	< 8 mg/kg
Hierro (Fe)	< 300 mg/kg
Manganeso (Mn)	< 10 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Níquel (Ni)	< 8 mg/kg
Plomo (Pb)	< 1 mg/kg
Antimonio (Sb)	< 2 mg/kg
Selenio (Se)	< 2 mg/kg
Ion Bromato (BrO ₃ ⁻)	< 121 mg/Kg
Ion Clorato (ClO ₃ ⁻)	< 21.1 g/Kg

• Precauciones Para El Manejo, Transporte Y Almacenaje Seguro Del Producto

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejem., otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monomaníaco), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. **NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 Grados C. (125 Grados F.)** Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

• Primeros Auxilios

- EN CASO DE INHALACIÓN: Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Qúitese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio

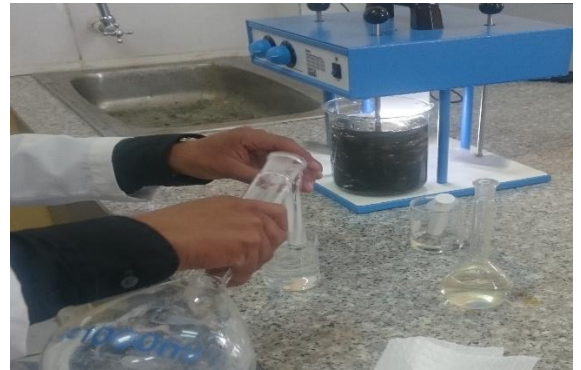


- País de Origen: El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.
- Presentaciones
 - HTH Granular tambores de 45 Kgs.
 - HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
 - Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
 - Peso: 6.4 – 7.0 gramos
 - CCH Tableta de 3" cubetas de 50 lbs.
 - Inhibidor (% en peso): 0.5% mínimo
 - Peso: Aproximadamente 300 gramos
 - Diámetro: Aproximadamente 3.0 pulgadas
 - Altura: 1.35 – 1.45 pulgadas
- Regulatorio:
 - EPA No. 1258-1179
 - NSF Standard 60, Drinking Water Additives
 - Cumple con AWWA Standard B300
 - Cumple con NMX-AA-124-SCFI-2006
 - UN2880 para HTH Granular y CCH Tableta de 3"
 - UN1748 para HTH Briquettes

ANEXO D. Ensayos en el laboratorio de tratabilidad del agua residual de ANDELAS



a)



b)



c)



d)

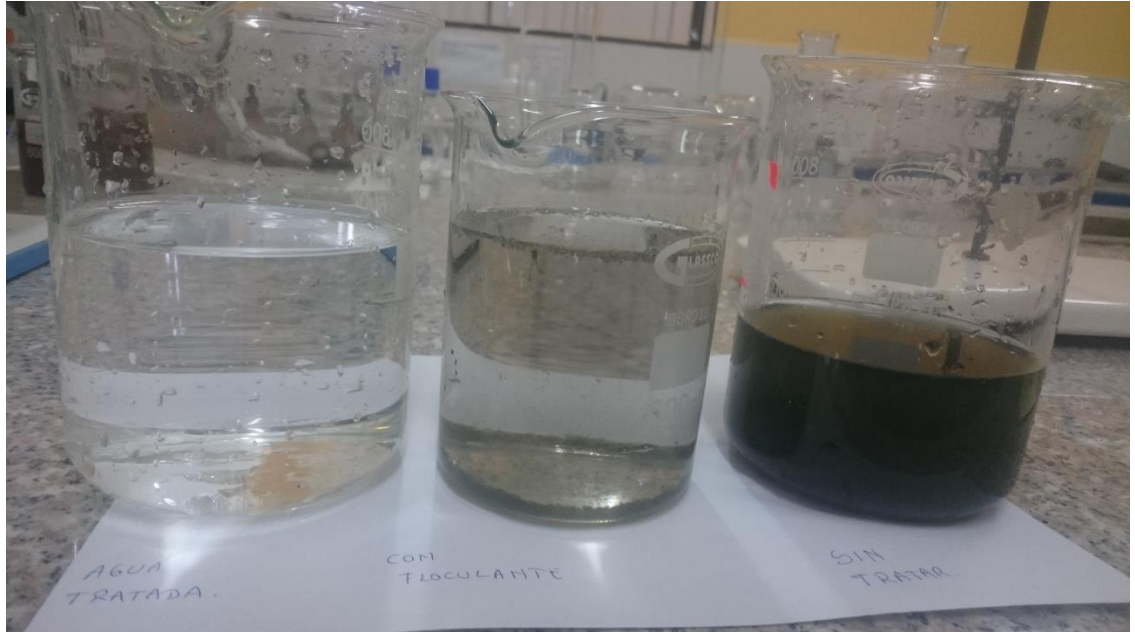


e)



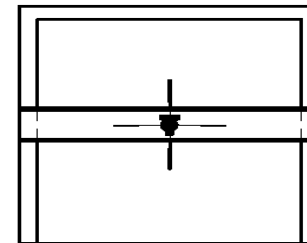
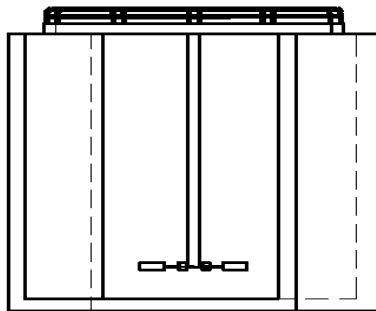
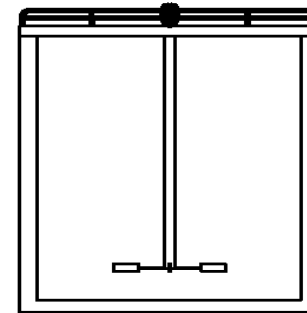
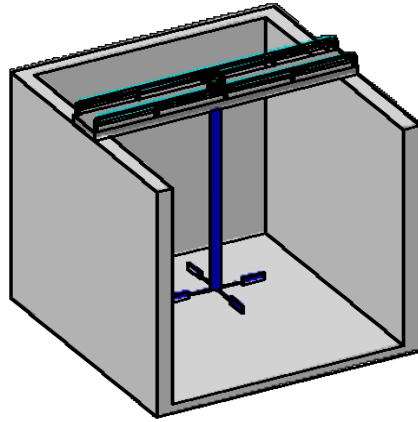
f)

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Juan Pablo Olovacha	“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Muestras	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	2/6	1:2	09/05/2017	
b) Solución madre					
c) Dosificación					
d) Prueba de jarras					
e) Diferentes dosis de flocculantes y coagulantes					
f) Dosis optima de flocculantes y coagulantes					

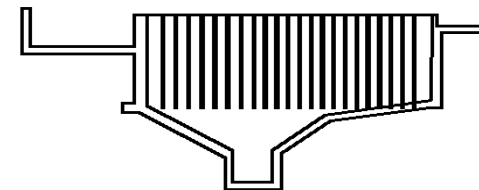
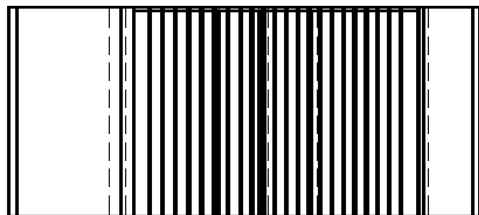
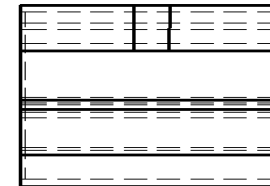
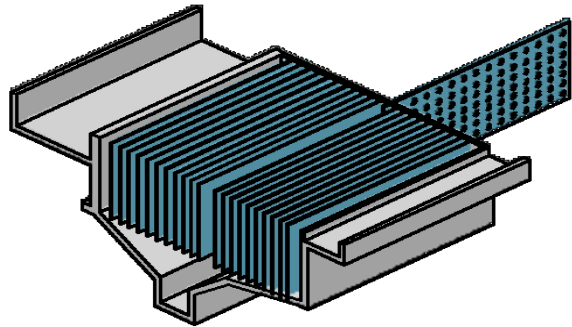


g)

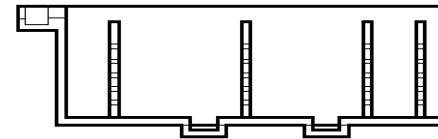
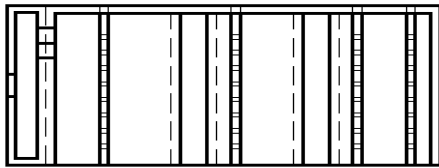
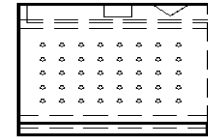
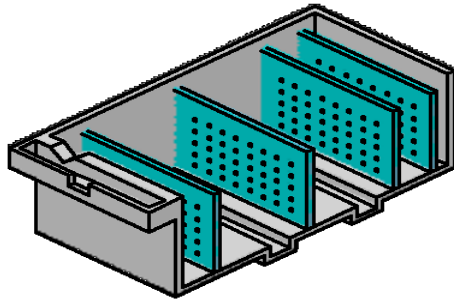
<p>NOTA</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Juan Pablo Olovacha</p>	<p>“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO”</p>		
<p>g) El agua después del tratamiento y de la filtración</p>	<p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>2/6</p>	<p>1:2</p>	<p>09/05/2017</p>



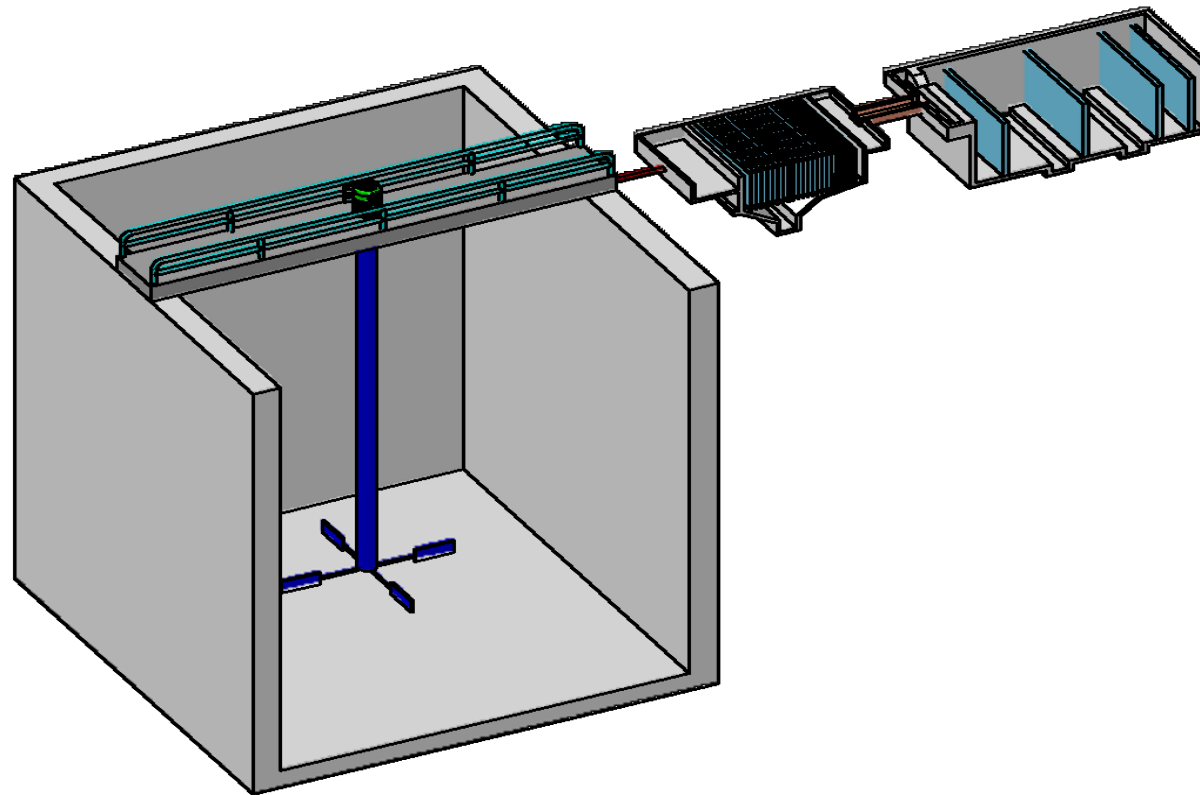
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	"REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO"		
MEZCLADOR RÁPIDO DE TURBINA	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		REALIZADO POR: JUAN PABLO OLOVACITA	LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:
				2/4	1:2



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	"REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO"		
SEDIMENTADOR RECTANGULAR DE TAZA ALTA	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		REALIZADO POR: JUAN PABLO OLOVACITA	LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:
	3/4	1:100		04/07/2017	



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: JUAN PABLO OLOVACIJA	"REDESÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO"		
FILTRO LENTO COMBINADO	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:
			4/4	1:100	04/07/2017



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	"REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DE LA EMPRESA TEXTIL ANDELAS, UBICADA EN EL PARQUE INDUSTRIAL AMBATO"				
PLANO GENERAL	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	LÁMINA:	ESCALA:	FECHA:		
			<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	REALIZADO POR: JUAN PABLO OLOVACIA	1:4	1:100	04/07/2017