

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniería Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA EL SECTOR TEXTIL EN EL CANTÓN PELILEO

Autores: Chuqui Guamán Erika Vaneza

Sánchez Villa Verónica Maribel

Tutor: Dra. Julia Calahorrano González

Riobamba - Ecuador

Año 2018

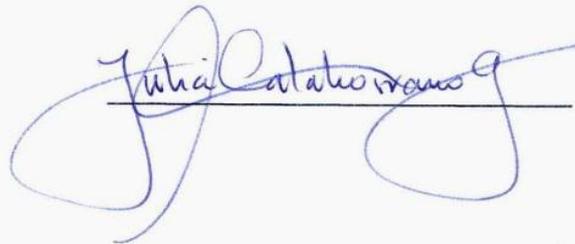
Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de tema: **“ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SECTOR TEXTIL EN EL CANTÓN PELILEO”**. Presentado por: Erika Vaneza Chuqui Guamán y Verónica Maribel Sánchez Villa y dirigida por: Dra. Julia Calahorrano G.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Dra. Julia Calahorrano

Tutor del proyecto

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Julia Calahorrano', written over a horizontal line.

Ing. Víctor Suárez

Miembro de Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Victor Suarez', written over a horizontal line.

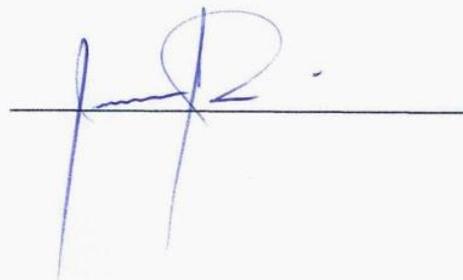
Ing. María Fernanda Rivera

Miembro de Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'María Fernanda Rivera', written over a horizontal line.

Ing. Iván Ríos

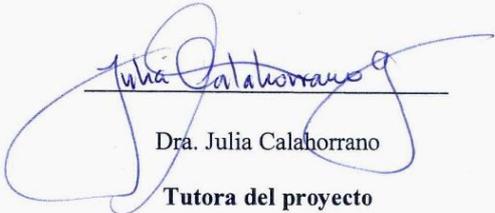
Delegado del Sr. Decano

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ivan Rios', written over a horizontal line.

DECLARACION EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el tema: **“ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SECTOR TEXTIL EN EL CANTÓN PELILEO”** ha sido elaborado por: **ERIKA VANEZA CHUQUI GUAMÁN Y VERÓNICA MARIBEL SÁNCHEZ VILLA**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de tutora, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respetiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Dra. Julia Calahorrano
Tutora del proyecto

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotras, **ERIKA VANEZA CHUQUI GUAMÁN Y VERÓNICA MARIBEL SÁNCHEZ VILLA**, con C.I.1400670574 y C.I.1600705634 respectivamente, estudiantes de Ingeniería Ambiental somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas realizados en la presente investigación, titulada: “**ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SECTOR TEXTIL EN EL CANTÓN PELILEO**” dirigida por el tutor del proyecto, Dra. Julia Calahorrano.

En virtud de ello, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado adecuadamente en el contenido del documento.



Erika Vaneza Chuqui Guamán

CI.1400670574



Verónica Maribel Sánchez Villa

CI: 1600705634

AGRADECIMIENTO

A mis padres Ricardo y Rosa por su amor, comprensión y apoyo incondicional y por mostrarme el camino hacia la superación. A mi tierno abuelito Segundo por sus consejos y ánimos en momentos difíciles. A Dios por darme la fortaleza y fe en el transcurso de mi vida. A nuestra querida tutora Dra. Julia Calahorrano por la paciencia, profesionalismo y compromiso para la culminación del presente trabajo. A mi compañera de tesis y amiga Verónica por la consideración, tolerancia y paciencia. Y a todos quienes de una u otra manera colaboraron desinteresadamente.

Erika

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios y a la Virgen de Agua Santa por ayudarme a llegar a culminar una etapa más, por darme fuerza, sabiduría, paciencia y consistencia para culminar mi vida profesional ante todas las adversidades que he tenido en la vida.

A mis padres María Villa y Manuel Sánchez que, con su sabiduría, humildad, amor y su apoyo incondicional me han permitido superarme cada día, ustedes son y serán un ejemplo a seguir. A mis hermanos que son mis mejores amigos han estado presente en todo momento, que con su apoyo incondicional y consejos me ha permitido ser cada vez una mejor persona y profesional.

A mi enamorado y ahora mi esposo que me ha colaborado en todo momento a culminar mi proyecto de investigación.

Agradezco a mi tutora Dra. Julia Calahorrano por su paciencia, comprensión, consistencia y persistencia ante todas las adversidades que se presentaron para desarrollo del proyecto.

Al Gobierno Provincial de Tungurahua por habernos permitido realizar su proyecto de investigación y apoyarnos con los recursos necesarios para su desarrollo.

Agradezco a mi amiga de tesis por su comprensión, constancia y paciencia para culminar nuestra investigación. A los demás amigos e ingenieros que hemos contado con su apoyo para el desarrollo del mismo.

Verónica

DEDICATORIA

Hay dos grandes días en la vida de una persona: el día en que nace y el día en que descubre para qué. Con todo mi amor dedico este trabajo: A la memoria de mi abuelita Gregoria Mercedes Merino Merino quien a pesar del Alzheimer nunca olvidó mi nombre y siempre me recibía con una sonrisa radiante y una taza de Guayusa caliente en su mesa. Me hubiese gustado que estuvieses conmigo al culminar esta etapa Mami Michi, espero que te sientas orgullosa de mi y prometo tomar como ejemplo de vida tu valentía, trabajo y amor por el prójimo te amo y siempre estarás presente en cada momento de mi vida, estarás en mis oraciones, cuando llore, cuando ría porque sé que donde quiera que estés tus dulces manos tendrán una bendición para mí. Esto es para ti mi Macabea Bonita.

Erika

DEDICATORIA

A mis padres por su constancia, amor y apoyo que me ha permitido culminar una etapa más de mi vida, a pesar de las adversidades que se han presentado, ellos nunca dejaron de confiar y creer en mí, Gracias y Dios se los pague, los amo.

Verónica

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo General	6
3.2. Objetivos especifico	6
4. ESTADO DEL ARTE	7
4.1. Industria del lavado de Jean	7
4.2. Impacto ambiental	7
4.2.1. Impacto ambiental de la industria textil.....	7
4.3. Agua residual	7
4.3.1. Características de las aguas residuales.....	8
4.3.2. Tratamiento de Aguas residuales	8
4.3.3. Importancia del tratamiento de aguas residuales industriales.....	10
4.4. Eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales.....	10
4.4.2. Definición de grado de eficiencia	11
5. METODOLOGIA	13
5.1. Descripción de la zona de estudio.....	13
5.2. Diseño del estudio	15
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
6.1. Resultados de levantamiento de información in situ.....	17
6.1.1. Análisis de producción de las empresas	17

6.1.2.	Evaluación de impactos	17
6.2.	Análisis de Eficiencia.....	19
6.3.	Análisis de datos de entrada y salida.....	26
6.4.	Correlación de parámetros	40
7.	PROPUESTA DE MEJORA	42
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
8.1.	Conclusiones	51
8.2.	Recomendaciones.....	54
9.	BIBLIOGRAFIA	55
10.	ANEXOS	59
10.1.	ANEXO 1. EFICIENCIA DE LAS PLANTAS	59
10.1.1.	Resultados de eficiencia DQO	59
10.1.2.	Resultados de eficiencia Sulfatos.....	60
10.1.3.	Resultados de eficiencia Fosfatos	61
10.1.4.	Resultados de eficiencia Nitratos	62
10.1.5.	Resultados de eficiencia Color.....	63
10.1.6.	Resultados de eficiencia Sólidos Suspendidos Totales.....	64
10.1.7.	Resultados de eficiencia Detergentes.....	65
10.1.8.	Resultados de eficiencia Aceites y Grasas	66
10.1.9.	Resultados de eficiencia Conductividad	67
10.1.10.	Resultados de eficiencia Solidos Disueltos.....	68
10.1.11.	Resultados de eficiencia DBO	69
10.2.	ANEXO 2. DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.....	70
10.2.1.	Caudal	70
10.2.2.	Potencia de hidrogeno (pH)	71

10.2.3.	Conductividad	71
10.2.4.	Temperatura	72
10.2.5.	Color.....	72
10.2.6.	Solidos disueltos totales	73
10.2.7.	Solidos suspendidos totales.....	73
10.2.8.	Demanda bioquímica de oxígeno.....	74
10.2.9.	Demanda química de oxígeno.....	74
10.2.10.	Sulfatos.....	75
10.2.11.	Fosfatos	75
10.2.12.	Nitratos.....	76
10.2.13.	Detergentes.....	76
10.2.14.	Aceites y grasas.....	77
10.3.	ANEXO 3. CORRELACIÓN DE PARÁMETROS	77
10.4.	ANEXO 4. CATASTRO DE LAVANDERIAS Y TINTURADORAS DE JEANS	81
10.5.	ANEXO 5. TABLA DE MÉTODOS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LABORATORIO.....	83
10.6.	ANEXO 6. MUESTREO EN CAMPO.....	84
10.7.	ANEXO 7. ANALISIS DE LABORATORIO.....	85
10.8.	ANEXO 8. NORMATIVA AMBIENTAL DEL LIBRO VI ANEXO 1 DEL TEXTO UNIFICADO LEGISLATIVO SECUNDARIO DEL MEDIO AMBIENTE (TULSMA)	86
10.9.	ANEXO 9. PLANIMETRIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA Y TINTORERIA DE LOPEZ LLERENA.....	89

10.10. ANEXO 10. PLANIMETRIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA Y TINTORERIA DE MEGAPROCESOS.	90
10.11. ANEXO 11. PLANIMETRIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA Y TINTORERIA DE TINTEX RIVER.....	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del Cantón Pelileo	13
Figura 2. Diagrama de procesos de lavado y tinturado de jeans	14
Figura 3. Gráfico de producción 2017	17
Figura 4. Relación DQO y DBO de la empresa A.....	44
Figura 5. Relación entre DQO y DBO de la empresa B	44
Figura 6. Relación entre DQO y DBO de la empresa C	45
Figura 7. Relación detergentes y fosfatos empresa A.....	46
Figura 8. Relación detergente y fosfatos empresa B	46
Figura 9. Relación detergentes y fosfatos empresa C.....	47
Figura 10. Modelo de operaciones unitarias para afluentes de lavado y tinturado de jeans	50
Figura 11. Eficiencia DQO Empresa A	59
Figura 12. Eficiencia DQO Empresa B	59
Figura 13. Eficiencia DQO Empresa C	59
Figura 14. Eficiencia de Sulfatos empresa A.....	60
Figura 15. Eficiencia de Sulfatos empresa B.....	60
Figura 16. Eficiencia de Sulfatos empresa C.....	60
Figura 17. Eficiencia de Fosfatos empresa A	61
Figura 18. Eficiencia de Fosfatos empresa B	61
Figura 19. Eficiencia de Fosfatos empresa C	61
Figura 20. Eficiencia de Nitratos empresa A.....	62
Figura 21. Eficiencia de Nitratos empresa B	62
Figura 22. Porcentaje de eficiencia Nitratos empresa C.....	62
Figura 23. Porcentaje de eficiencia Color empresa A	63
Figura 24. Porcentaje de eficiencia Color empresa B.....	63

Figura 25. Porcentaje de eficiencia Color empresa C.....	63
Figura 26. Porcentaje de eficiencia SST empresa A.....	64
Figura 27. Porcentaje de eficiencia SST empresa B.....	64
Figura 28. Porcentaje de eficiencia SST empresa C.....	64
Figura 29. Porcentaje de eficiencia Detergentes empresa A	65
Figura 30. Porcentaje de eficiencia Detergentes empresa B.....	65
Figura 31. Porcentaje de eficiencia Detergentes empresa C.....	65
Figura 32. Porcentaje de eficiencia Ac.grasas empresa A.....	66
Figura 33. Porcentaje de eficiencia Ac.grasas empresa B	66
Figura 34. Porcentaje de eficiencia Ac.grasas empresa C	66
Figura 35. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa A.....	67
Figura 36. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa B	67
Figura 37. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa C	67
Figura 38. Porcentaje de eficiencia SD empresa A	68
Figura 39. Porcentaje de eficiencia SD empresa B.....	68
Figura 40. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa C	68
Figura 41. Porcentaje de eficiencia DBO empresa A	69
Figura 42. Porcentaje de eficiencia DBO empresa B	69
Figura 43. Porcentaje de eficiencia DBO empresa C	69
Figura 44. Valores de caudal de entrada en las empresas.....	70
Figura 45. Valores de caudal de salida en las empresas	70
Figura 46. Producción mensual de prendas de jeans de las empresas	70
Figura 47. Valores de potencial de hidrogeno de entrada en las empresas	71
Figura 48. Valores e potencial de hidrogeno de entrada en las empresas	71
Figura 49. Valores de conductividad de entrada en las empresas.	71

Figura 50. Valores de conductividad de salida en las empresas.....	71
Figura 51. Valores de temperatura de entrada en las empresas	72
Figura 52. Valores de temperatura de salida en las empresas	72
Figura 53. Valores de color de entrada en las empresas.....	72
Figura 54. Valores de color de salida en las empresas.	72
Figura 55. Valores de solidos disueltos totales de entrada en las empresas.	73
Figura 56. Valores de solidos disueltos totales de salida en las empresas.	73
Figura 57. Valores de solidos suspendidos totales de entrada en las empresas.....	73
Figura 58. Valores de solidos suspendidos totales de salida en las empresas.	73
Figura 59. Valores de DBO5 de entrada en las empresas.....	74
Figura 60. Valores de DBO5 de salida en las empresas.	74
Figura 61. Valores de DQO de entrada en las empresas.	74
Figura 62. Valores de DQO de entrada en las empresas.	74
Figura 63. Valores de Sulfatos de entrada en las empresas.	75
Figura 64. Valores de Sulfatos de salida en las empresas.	75
Figura 65. Valores de Fosfatos de entrada en las empresas.	75
Figura 66. Valores de Fosfatos de salida en las empresas.....	75
Figura 67. Valores de Nitratos de entrada en las empresas.	76
Figura 68. Valores de Nitratos de salida en las empresas.....	76
Figura 69. Valores de Detergentes de entrada en las empresas.	76
Figura 70. Valores de Detergentes de salida en las empresas.	76
Figura 71. Valores de Aceites y grasas de entrada en las empresas.	77
Figura 72. Valores de Aceites y grasas de salida en las empresas.	77
Figura 73. Concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa A.....	77
Figura 74. Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa A	78

Figura 75. Concentración de sulfatos, fosfatos y nitratos de la empresa B.	78
Figura 76. Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa B.....	79
Figura 77. Concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa C.	79
Figura 78. Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa C.	80
Figura 79. Recolección de muestras de la empresa A	84
Figura 80. Medición del tanque homogeneizador de la empresa B.....	84
Figura 81. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas en campo.	85
Figura 82. Medición de detergentes en las muestras.	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Codificación de las empresas seleccionadas según su producción anual.	15
Tabla 2. Evaluación de los impactos generados por la industria de lavado y tinturado de Jeans.....	17
Tabla 3. Registro de caudal de entrada – salida y producción mensual	26
Tabla 4. Registro de entrada y salida de pH	27
Tabla 5. Registro de conductividad de entrada y salida.....	28
Tabla 6. Registro de temperatura de entrada y salida.	29
Tabla 7. Registro de color de entrada y salida.	30
Tabla 8. Registro de SDT de entrada y salida.....	31
Tabla 9. Registro de solidos suspendidos totales de entrada y salida.....	32
Tabla 10. Registro de DBO de entrada y salida.....	33
Tabla 11. Registro de DQO entrada y salida.	34
Tabla 12. Registro de SO ₄ de entrada y salida.	35
Tabla 13. Registro de PO ₄ de entrada y salida.	36
Tabla 14. Registro de NO ₃ de entrada y salida.	37

Tabla 15. Registro de detergente de entrada y salida.....	38
Tabla 16. Registro de Aceites y Grasas de entrada y salida.	39
Tabla 17. Biodegradabilidad de un agua residual	43
Tabla 18. Estimación de relación DBO/DQO con ajuste de DBO empresa A	44
Tabla 19. Estimación de relación DBO/DQO con ajuste de DBO empresa B	44
Tabla 20. Estimación de relación DBO/DQO con ajuste de DBO empresa C	45
Tabla 21. Tabla de caudales y tiempos de retención estimados	48
Tabla 22. Tabla de fórmulas de dimensionamiento	48
Tabla 23. Dimensiones empresa A	48
Tabla 24. Dimensiones empresa B.....	49
Tabla 25. Dimensiones Empresa C.....	49
Tabla 26. Catastro de lavanderías y tinturados de jeans del cantón Pelileo.	81
Tabla 27. Tabla de métodos y equipos utilizados en análisis de laboratorio	83
Tabla 28. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego (Tabla 7) ..	86
Tabla 29. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. (Tabla 11)	87

RESUMEN

El presente estudio trata sobre la estimación de la eficiencia de los sistemas de tratamiento del sector textil en el cantón Pelileo, para el cual fue necesario un análisis de aguas durante el periodo julio-agosto 2018 a la entrada y salida de las plantas de tratamiento en donde se monitorearon parámetros como: DBO, DQO, caudal, nitratos, sulfatos, fosfatos, color, SST, STD, conductividad, PH, T, detergentes y aceites y grasas. Debido al amplio número de empresas de lavado y tinturado de jean se seleccionó tres de ellas según su nivel de producción alta, media y baja.

Para la interpretación de los datos se ha considerado tres escenarios: el cálculo de la eficiencia, análisis de entrada y salida y correlación de parámetros. Los resultados indican que ninguna de las tres plantas de tratamiento cuenta con una eficiencia alta pues en los tres casos es menor al 60%, existen parámetros a la salida de la planta que superan los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental y la existencia de una correlación entre parámetros como sulfatos, fosfatos y nitratos y entre aceites y grasas, DBO, DQO.

Los resultados establecieron una visión general de la situación de las plantas de tratamiento lo que permitió plantear propuestas de mejora para los problemas identificados por medio del análisis de laboratorio y la experiencia en campo que están enfocadas en la relación DBO/DQO, Control de detergentes nitratos y sulfatos, tiempos de retención y mantenimiento de los tanques.

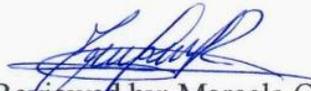
ABSTRACT

The present study deals with the estimation of the efficiency of the treatment systems of the textile sector in Pelileo town, so that a water analysis was necessary during the period July-August 2018 at the entrance and exit of the treatment plants where parameters such as BOD, COD, flow, nitrates, sulphates, phosphates, color, SST, STD, conductivity, PH, T, detergents and oils and fats were monitored. Due to the large number of jean washing and dyeing companies, three of them were selected according to their high, medium and low production levels.

For the interpretation of the data, three scenarios have been considered: efficiency calculation, input and output analysis and parameter correlation. The results indicate that neither of the three treatment plants has a high efficiency because in all three cases it is less than 60%, there are parameters at the output of the plant that exceed the permissible limits established by environmental regulations and the existence of a Correlation among parameters such as sulfates, phosphates and nitrates and between oils and fats, BOD, COD.

The results established a general view of the situation of the treatment plants, which allowed proposing improvement proposals for the problems identified through laboratory analysis and field experience that are focused on the BOD / COD, control of nitrates detergents and sulphates, retention times and maintenance of the tanks.

KEYWORDS: Efficiency, wastewater, treatment system, affluent, effluent, parameters



Reviewed by: Marcela González R.
English Professor



1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la contaminación del agua es un grave problema, por otro lado, la industria textil ha sido condenada a ser el peor contaminador del mundo debido a que se requiere grandes cantidades de productos químicos y agua en cada proceso. Anualmente se producen cerca de 200 mil millones de litros de efluentes de colores provenientes de la industria del teñido y acabado textil que ha creado un gran problema de contaminación por ser una de las industrias con mayor uso de sustancias químicas a nivel mundial, y el contaminador número uno de agua limpia (después de la agricultura) (Kant, 2012).

En países como Turkia, específicamente en Estambul un estudio indica que en la actualidad existen 116 plantas que están tratando específicamente las aguas residuales de la industria textil, debido a las políticas ambientales del país que obligan a estas industrias a pre- tratar sus aguas residuales para cumplir con las normas establecidas en su legislación. En este contexto los parámetros que se consideran más importantes para aguas residuales procedentes de la industria textil son DQO, DBO5, pH, grasas, aceites, nitrógeno, fósforo, sulfato y sólidos en suspensión. (Neşe, Sivri, & Toroz, 2007)

Según la CEPAL la industria textil a lo largo de los años ha jugado un papel importante para la economía de América Latina. En México (San Mateo de Ayea) la contaminación que producen los talleres de lavado se descarga directamente sin tratamiento o su tratamiento es ineficiente al drenaje municipal; a pesar de estar obligados a realizar descargas cumpliendo con las normas, esto está ligado a la capacidad económica de las empresas es decir, adoptar un sistema de tratamiento encarece el costo de lavado por pieza, pero implica producir de forma más limpia. (Rodríguez & Morales, 2011)

Por otra parte el círculo productivo de lavado y tinturado de jeans en el Ecuador está representado por muchas familias que se dedican a la fabricación de prendas jeans; esta actividad es considerada como pulmón económico del país, registra uno de los más altos índices de crecimiento económico en los últimos años tanto a nivel nacional como en sus exportaciones y está centrada en varias ciudades del país, principalmente en la ciudad de Pelileo. (Santamaria, 2012)

Según (Lopez, 2007) en Pelileo la industria de lavado textil y de confección es de gran relevancia ya que representa una significativa parte del aparato productivo del cantón y por ende del país. De esta industria se derivan aproximadamente el 75,4% de la población

económicamente activa de forma directa e indirecta. Básicamente esta cadena industrial está compuesta por los confeccionistas de las prendas en jeans y por las empresas dedicadas al acabado de textiles, de prendas confeccionadas.

En consideración a los requerimientos de la autoridad ambiental las industrias de lavado y tinturado de jeans han implementado en algunos casos plantas de tratamiento de aguas residuales con el objeto de que las aguas que salen del proceso cumplan con la normativa ambiental. En principio esto sería una solución adecuada, pero debido a que la industria del jean, como muchas otras en el país, son actividades microempresariales familiares con tecnología artesanal, donde las plantas de tratamiento no cuentan con diseños y especificaciones técnicas, no se conoce cuan eficientes son para que las aguas puedan ser evacuadas al medio sin riesgo de contaminación.

El presente estudio nace como requerimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, por parte del GADP Tungurahua, como un diagnóstico situacional de carácter preliminar, sobre las condiciones de eficiencia de remoción de contaminantes, de las plantas de tratamiento de 3 industrias textiles Tintex River, Megaprocesos, López Llerena en el cantón Pelileo.

El presente trabajo se desarrolla en 3 etapas que son:

- 1) Caracterización físico química de los caudales de entrada y salida (DBO5, DQO, Detergentes, Solidos suspendidos, Solidos Disueltos, Sulfatos, Fosfatos, Nitratos, Aceites y grasas, Temperatura, Color, Caudal, PH, Conductividad)
- 2) Estimación de la eficiencia de remoción de contaminantes, y
- 3) Una propuesta técnica de mejora en función de la normativa ambiental vigente.

Los resultados son analizados y discutidos teniendo en cuenta que los procesos de remoción son inferiores al 60%, en entrada y salida, de todos los parámetros analizados.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según (Barrera, 2015) la industria textil en la actualidad ha aportado al desarrollo a nivel nacional, que ha construido una diversificada actividad manufacturera y de servicios como es el lavado y teñido de prendas de vestir; lo cual ha venido generando un aporte considerado de contaminantes en el recurso agua, que al no recibir el tratamiento adecuado, generan impactos ambientales negativos en los cursos receptores, es por ello que antes de ser vertidas al sistema de alcantarillado deben recibir tratamiento que reduzca sus condiciones de carga contaminante. El problema ambiental dentro de la Industria Textil está vinculado a las descargas con alto contenido de colorantes, temperaturas elevadas, pH básicos, DBO alto y generación de desechos peligrosos. Durante el proceso de teñido en las lavanderías abarca el uso de grandes cantidades de agua que contiene insumos químicos como colorantes, igualadores, dispersantes, estabilizadores de pH, entre otros.

Según un estudio realizado por el municipio del cantón Pelileo en 2009 las 46 fábricas que tinturan y lavan la ropa de tela 'jean' son las principales fuentes de contaminación del río Patate, provocando serios problemas ambientales como contaminación de cuerpos hídricos, afectación a la flora y fauna y problemas a la salud.

Patricio Miranda técnico de la Unidad de Calidad del Ministerio de Ambiente en Tungurahua, indicó que las industrias no solo utilizan el alcantarillado para el desfogue de las aguas residuales, sino que las envían directo a acequias y canales de riego, lo cual es grave porque Pelileo es eminentemente agrícola y provoca intoxicación de los suelos y productos que salen a los mercados.

En virtud de todos estos antecedentes el GAD provincial de Tungurahua ya ha tomado las medidas para regular este tipo de actividades como es el caso de la implementación obligatoria de una planta de tratamiento de aguas residuales como requisito indispensable para la obtención del permiso de funcionamiento. Pero debido a que la industria del jean, como muchas otras en el país, son actividades microempresariales familiares con tecnología artesanal, donde las plantas de tratamiento no cuentan con diseños y especificaciones técnicas, no se conoce cuan eficientes son para que las aguas puedan ser evacuadas al medio sin riesgo de contaminación. Ahí nace la necesidad del GAD

provincial Tungurahua de obtener un diagnóstico general de las condiciones actuales de las plantas que sirva como referencia para la toma de decisiones

Los resultados reportados en este trabajo también servirán a la autoridad ambiental para verificar el cumplimiento de los análisis de agua presentados por las empresas semestralmente con los límites permisibles de descarga establecidos en la legislación ambiental vigente.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Estimar el grado de eficiencia de las plantas de tratamiento de agua residual de tres empresas de lavado y tinturado de jeans del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

3.2. Objetivos específico

- Caracterizar los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las empresas de lavado y tinturado de jeans seleccionadas, en el cantón Pelileo.
- Evaluar el grado de eficiencia de tratamiento de las aguas residuales en las empresas en estudio
- Construir posibles escenarios de tratamiento de efluentes de la actividad en estudio mediante un software de simulación.
- Realizar una propuesta de mejora para los sistemas de tratamiento.

CAPITULO I

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. Industria del lavado de Jean

El proceso de acabado y lavado de jean tiene como objetivo darle un acabado diferente al producto final mejorando su contextura, apariencia, diseño e incluso modifica el color de la prenda denim según la demanda del cliente. (Mayorga, 2014)

4.2. Impacto ambiental

Son todas las alteraciones, positivas, negativas, neutras, directas, indirectas, generadas por una actividad económica, obra, proyecto público o privado, que por efecto acumulativo o retardado, generan cambios medibles y demostrables sobre el ambiente, sus componentes, sus interacciones y relaciones y otras características intrínsecas al sistema natural. (MAE, 2015)

4.2.1. Impacto ambiental de la industria textil

Los principales impactos ambientales causados por la industria textil están relacionados a distintos aspectos, como el uso de agua y generación de aguas residuales, el uso de energía y el uso de químicos. La industria textil es responsable de la gran parte del agua consumida a nivel global (20%), lo que significa la generación importante de aguas residuales. Los efluentes producidos por esta industria son reconocidas por la coloración adquirida por el uso de colorantes, alta concentración de sólidos solubles, y concentraciones de metales pesados, los cuales pueden superar los límites permisibles en la legislación del país. (Ordoñez J. , 2016)

4.3. Agua residual

Las aguas residuales, son las que han perdido su calidad como resultado de su uso en diversas actividades. También se denominan vertidos. Se trata de aguas con un alto contenido en elementos contaminantes, que a su vez van a contaminar aquellos sistemas en los que son evacuadas. Estas aguas se pueden descontaminar por medio de tecnologías de tratamiento de bajo, medio y alto perfil según sea el caso, y de acuerdo al nivel de descontaminación logrado se puede pensar en el reúso de este recurso. (Mayorga, 2014)

4.3.1. Características de las aguas residuales

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), y el pH. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales industriales biodegradables sin tratar y tratadas. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas y el pH puede variar de 6.5 a 8.0. (Sierra, 2011)

4.3.2. Tratamiento de Aguas residuales

Tratamiento Primario

El tratamiento primario es una separación de elementos sólidos que contiene el agua. Esta separación se define, como fenómeno físico, en fórmula adecuada matemática que refleje el fenómeno real, siendo preciso basarse en experiencias. Sobre este punto, interesa destacar que las condiciones que se establecen son fijas y prácticamente son condiciones hidráulicas. Los parámetros de diseño se refieren a un tiempo de retención, y a una velocidad del líquido en el depósito lo más constante posible, debiéndose impedir las variaciones de caudal. La decantación primaria se diseña con 2 objetivos: uno, con base al máximo rendimiento, y otro consiste en obtener un rendimiento suficiente para el adecuado funcionamiento en la segunda fase. Ambos son totalmente válidos, pero, una vez determinada la alternativa, son condiciones fijas las de las aguas que pasan al tratamiento secundario. (Mayorga, 2014)

Tipos de tratamiento previo y primario

Cámara de distribución: Recibe el caudal de aguas residual transportado hasta allí por el colector emisario.

Rejillas: Retiran los sólidos gruesos que son ubicados en recipientes para su incineración, o transporte a vertedero.

Desarenadores: Los sedimentos retenidos en los desarenadores son recogidos, lavados y acarreados para su posterior incineración o transporte al vertedero.

Medidor de caudal: Es útil para el cálculo de las cargas contaminantes eliminadas, tiempos de retención, consumo de reactivos y suministra además una base para el informe sobre costos de tratamiento.

Tanques de mezcla: Estos tanques cumplen una doble función, homogenizar las aguas, y la regulan, en segundo lugar, se puede incorporar aire con las aguas residuales para mantenerlas frescas. (Mayorga, 2014)

Tanques primarios de sedimentación y sobrenadantes: En estos tanques se retiene hasta el 60% de los sólidos sedimentados. Los sólidos sedimentados son barridos mecánicamente hasta una tolva desde la cual son extraídos. El material floculante es recogido y luego bombeado para ser deshidratado y transportado al relleno sanitario. (Mayorga, 2014)

Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario tiene en principio dos posibles alternativas, dentro de los procesos convencionales. La diferencia fundamental es la elección del tratamiento químico o biológico. Los resultados de ambos son muy similares en cuanto a los efectos, pero su mecanismo funcional es distinto. En el tratamiento químico, precisamos la introducción de cantidades importantes de reactivos, necesitamos unos sistemas de dosificación adecuada, necesitamos unos equipos de personal preparados, que periódicamente, o casi de forma continua, tiene que estar modificando las dosificaciones para un correcto rendimiento. En el proceso biológico, la formación de flóculos, con peso suficiente para poder separarse de la masa de agua, se logra gracias a la acción enzimática y metabólica de los microorganismos, que se encuentran en el agua residual. (Mayorga, 2014)

Coagulación y Floculación

En el tratamiento de aguas residuales, la concentración de materia en suspensión es tal, que puede conseguirse una floculación mediante simple agitación. Con la finalidad de favorecer la eliminación de la contaminación coloidal, se puede utilizar un coagulante.

La floculación no es más que la aglomeración de las partículas en suspensión para formar flóculos de mayor tamaño que precipiten más rápido en el tanque sedimentador. (Mayorga, 2014)

4.3.3. Importancia del tratamiento de aguas residuales industriales

La depuración de los efluentes líquidos es una parte fundamental de la gestión ambiental en cualquier industria. Debe de ser asumida en su doble faceta de obligación medioambiental con la sociedad y como parte del proceso de producción. (Ramalho & Rubens, 2011)

Frecuentemente existe la tentación a pensar en los tratamientos de las aguas residuales industriales como de plantas separadas de la del proceso original. Esto significa diseñar una planta sin tener en cuenta la reducción de la contaminación en origen y en consecuencia considerando separadamente el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. La estrategia correcta para un programa de reducción de la contaminación industrial es aquella en la que se tienen en cuenta todas las oportunidades para tratamiento de las aguas residuales integradas en el proceso básico de la actividad industrial. (Ramalho & Rubens, 2011)

4.4. Eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales

Según (CEPIS, 2010) la determinación del grado de eficiencia en plantas de tratamiento de aguas municipales e industriales es complicada, debido a las oscilaciones que se producen en los flujos de las aguas residuales de ingreso y salida así como también debido al tiempo de permanencia del líquido en las instalaciones de tratamiento.

El grado de eficiencia permite evaluar la capacidad de rendimiento de los procesos o parte de ellos. En alguna medida, esto también es válido para el caso del tratamiento de las aguas, en donde, a través del grado de eficiencia del proceso se puede lograr lo siguiente:

- Comparar el resultado de la capacidad real de tratamiento, ya sea con el resultado de la capacidad teórica estimada, con la capacidad garantizada de servicio o con la capacidad exigida

- Documentar y eventualmente, optimizar diferentes aspectos de una planta de tratamiento dada, la confiabilidad de los resultados, su rentabilidad y la eficiencia de operaciones específicas o partes del proceso
- Establecer un perfil de indicadores, mediante el cual sea posible seleccionar un proceso unitario de tratamiento y establecer criterios para el diseño de una nueva planta, así como el proceso específico que se debe poner en práctica, a partir de plantas en operación o experimentales.

Se puede considerar a una planta de tratamiento con eficiencia alta si su grado de eficiencia es superior al 60 %. (Lavagnino, 2016).

4.4.1. Método volumétrico para caudal

Este método se aplica cuando la corriente presenta una caída de agua, en la cual se pueda poner un recipiente con volumen conocido, el recipiente se coloca bajo la corriente de tal manera que reciba todo el flujo de agua, al mismo tiempo se activa el cronómetro. (Corantioquia, 2014)

Ecuación 1:

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

En donde:

Q = caudal (L/s)

V= volumen (L)

t = tiempo (s)

4.4.2. Definición de grado de eficiencia

Se define como la reducción porcentual de indicadores apropiados, considerados en forma acumulativa o de determinadas sustancias. Para la determinación de la reducción se establece para el indicador específico una relación entre la carga que fluye a la planta o a una unidad de ella y la correspondiente carga en el flujo de salida de la planta. Estas determinaciones se realizan en lapsos apropiados para las

observaciones. En caso de existir varios puntos de ingreso o egreso de aguas residuales en la planta la carga total se determina con base en las cargas parciales. (CEPIS, 2010)

El cálculo de las cargas, requiere la determinación de las concentraciones de los indicadores escogidos, en las muestras de líquido tomadas en sitios respectivos. Eso debe hacerse con la medición del correspondiente caudal. (CEPIS, 2010)

Ecuación 2:

$$n = \frac{FZ - FA}{FZ} * 100$$

En donde:

n = Grado de eficiencia en %

FZ= sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

FA= sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta.

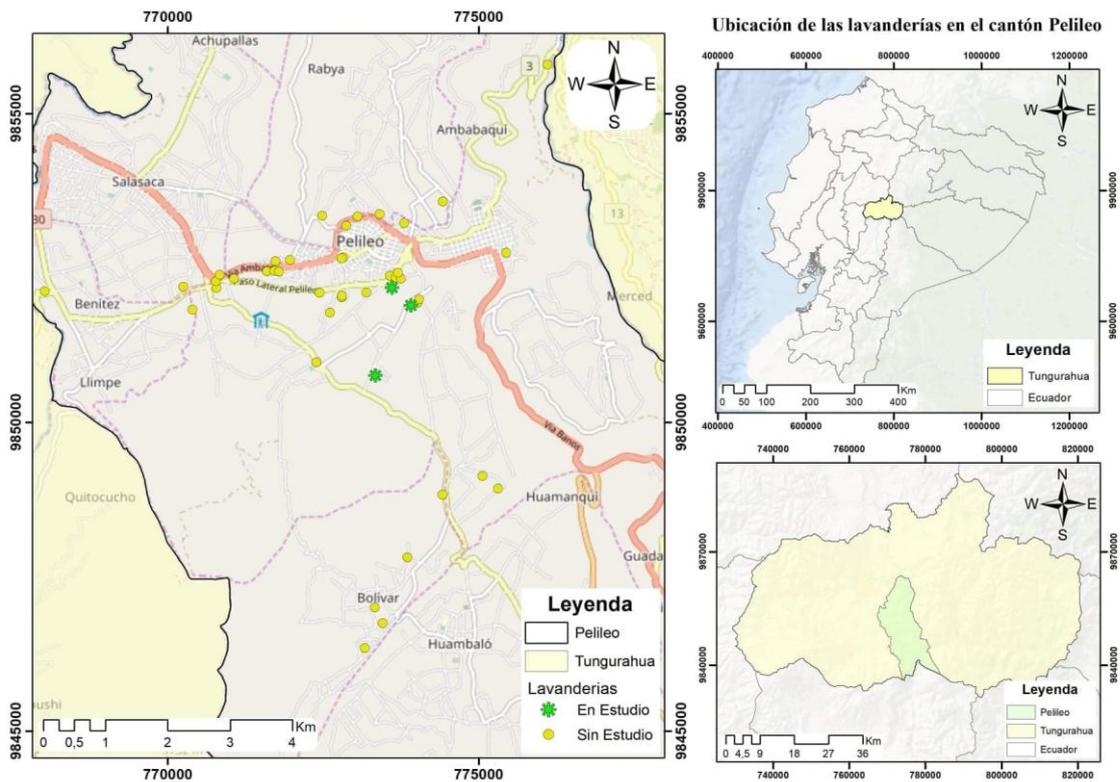
CAPITULO II

5. METODOLOGÍA

5.1.Descripción de la zona de estudio.

El cantón San Pedro de Pelileo tiene una extensión de 201.5 km^2 y 61.978 habitantes, limita al norte con el Canton Pillaro, al sur con la provincia de Chimborazo, al este con los cantones Baños y Patate y al Oeste con los cantones Ambato, Ceballos y Quero. La latitud promedio cantonal es de 2.900 msnm; el punto más alto es el cerro Teligote con 3.400 msnm y el punto más bajo es el valle de Chiquicha con 2.400 msnm.

Figura 1. Mapa de Ubicación del Cantón Pelileo

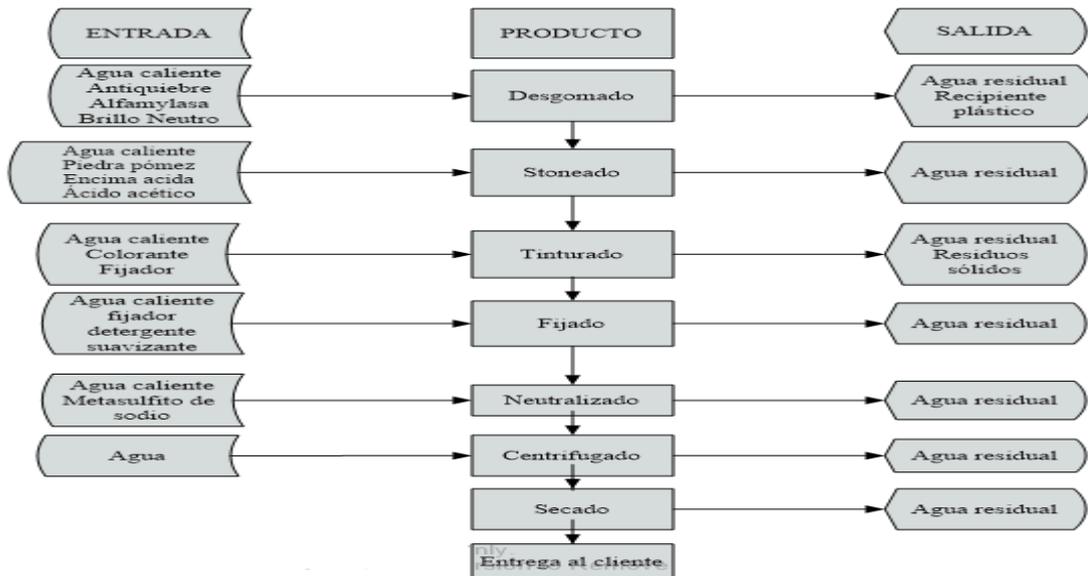


Fuente: Los Autores

Para este estudio se considera las empresas de lavado y tinturado de telas tipo jean, Tintex River, Megaprocesos y López LLenera, las mismas que son de carácter familiar y que dentro del catastro del GAD Pelileo se las ha clasificado en función de su producción. La figura 1 muestra su ubicación dentro del Cantón y para efecto de una mejor interpretación se las ha codificado de la siguiente manera: A=Tintex River, B= Megaprocesos, C= López Llenera, es importante considerar que todas ellas se encuentran ubicadas dentro de un

radio de un km aproximadamente. Por otro lado, se evidencia que dentro las actividades realizadas al interno existen varios procesos comunes tal como lo indica en la figura 2, que describe un diagrama de flujo de entrada y salidas de los procesos de lavado y tinturado de jeans.

Figura 2. Diagrama de procesos de lavado y tinturado de jeans



Fuente: (Jaramillo, 2012)

El proceso de tinturado, tal como se muestra en el diagrama de flujo, comprende varios pasos tales como:

- Desgomado: Comprende la eliminación de agua e impurezas de la tela. Se lo lleva a cabo en máquinas de lavado.
- Stone: Comprende un proceso de desteñido de la tela, de acuerdo con especificaciones.
- Neutralizado: Este proceso sirve para evitar el amarillamiento de la prenda.
- Tintura: Aplicación de colores a la prenda
- Fijado: Fijación de tinturas
- Secado: Eliminación de humedad de las prendas.

- Suavizado: Proceso utilizado para dar flexibilidad a la tela y evitar que quede tiesa al tacto.
- Manualidades: Aplicación de detalles de diseño.

Los desechos producidos son en mayor parte soluciones acuosas que contienen concentraciones de detergentes, aceites y grasas, sulfatos, nitratos, fosfatos, etc.

5.2. Diseño del estudio

Con la finalidad de conocer la situación actual de la zona de estudio se realizó un diagnóstico rápido de los principales impactos en tres matrices ambientales, suelo, agua, aire, que generan los procesos de producción en la zona. Tal diagnóstico tuvo por finalidad evidenciar que existe una afectación antrópica real en el medio circundante.

Por otro lado, se realizó una recolección de datos a partir del Catastro del GAD Pelileo (GAD-Pelileo, 2016), que clasifica a las empresas en categorías según su producción anual como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Codificación de las empresas seleccionadas según su producción anual.

Nombre de las empresas	Código	Categoría de empresa	Producción anual
Tintex River	A	Grande	84338
Megaprosesos	B	Mediana	68743
López Llerena	C	Pequeña	47343

Fuente: Los Autores

Caracterización fisicoquímica de las muestras.

Con la finalidad de realizar una caracterización de las descargas se realizó un muestreo in situ de parámetros fisicoquímicos: Color y Conductividad (físicos); Detergentes, Sólidos suspendidos, Sólidos Disueltos, pH, Sulfatos, Fosfatos, Nitratos, Aceites y grasas, Temperatura, DBO y DQO (químicos),

Con el propósito de obtener muestras homogéneas, se consideró la toma de 60 muestras compuestas en total, éstas se recogieron a la entrada y salida de las plantas de tratamiento en intervalos de tiempo de 15 minutos durante una hora en los meses de julio y agosto 2018 en días de operación (miércoles, jueves y viernes), obteniendo así un volumen final

de un litro por muestra, almacenados en botellas oscuras y transportadas al laboratorio según las instrucciones dadas por el técnico del laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

Adicionalmente, se tomaron datos de volumen vs tiempo (Ec. 1), para realizar el cálculo del caudal que es un parámetro representativo de la carga contaminante de las aguas residuales, el monitoreo fue realizado durante los meses de julio y agosto 2018, la medición de caudal se realizó en la tubería de descarga de los procesos (afluente) y en la válvula de descarga al sistema de alcantarillado (efluente). El método de determinación de los parámetros físico-químicos de las aguas residuales con la técnica y equipos utilizados se describen en el anexo 5 (tabla 28).

Para el cálculo de la eficiencia se consideró los resultados de concentraciones obtenidos en laboratorio, la fórmula de la eficiencia se tiene en la ecuación 2.

El último paso dentro del estudio es el planteamiento de una propuesta de mejora para lo cual se ha considerado los siguientes aspectos:

1. Simulación del comportamiento de la curva de parámetros relevantes en Excel lo que nos permite determinar el escenario según la ecuación lineal de los datos para la mejora de la calidad del afluente.
2. Los resultados de parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental, dentro de los parámetros fuera de rango en el estudio tenemos: DQO, Nitratos, sulfatos y detergentes.

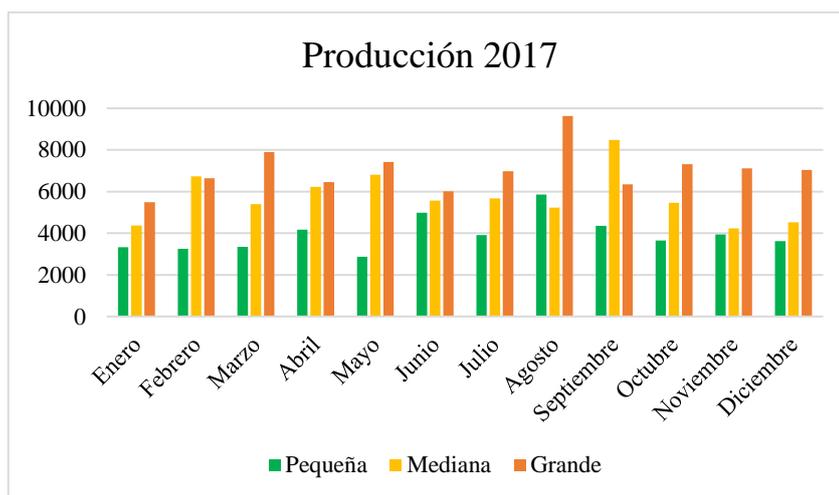
CAPITULO III

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados de levantamiento de información in situ

6.1.1. Análisis de producción de las empresas

Figura 3. Gráfico de producción 2017



Fuente: Los Autores

En la figura 3 se tiene producción anual del año 2017 de las tres empresas, es importante mencionar que los picos de mayor producción se dan en los meses de Julio, agosto y Septiembre; ésta información sirve de soporte y respalda el período de muestreo seleccionado para esta investigación que se desarrolló en Julio-agosto 2018.

6.1.2. Evaluación de impactos

Durante la fase de caracterización de la zona de estudio también se pudo realizar una evaluación general de los impactos que genera la industria, en la tabla 2 se describe la información referente a los impactos generados en los componentes agua, suelo y aire.

Tabla 2. Evaluación de los impactos generados por la industria de lavado y tinturado de Jeans

Componente	Factores	Descripción
Agua	Calidad de agua (generación de efluentes)	Generación de efluentes líquidos resultados del proceso de lavado y tinturado, a este se agrega el agua de limpieza de los equipos. Las características del efluente contienen altas

		<p>concentraciones de químicos contaminantes propios de la actividad que no pueden ser descargados directamente al sistema de alcantarillado. El efluente es procesado en una planta de tratamiento previo a la descarga.</p> <p>Generación de un segundo efluente líquido correspondiente al agua residual domestica generada en baños y lavabos que es de uso de los obreros, estos efluentes son descargados directamente en el sistema de alcantarillado público del Municipio de Pelileo.</p>
Suelo	Calidad del suelo	<p>La principal causa de la contaminación y afectación de la calidad del suelo son los desechos sólidos, las empresas generan cantidades considerables de residuos que se clasifican en orgánicos, inorgánicos y peligrosos.</p> <p>Los residuos inorgánicos son: papel, cartón, plástico que por lo general se entrega al sistema de limpieza de la ciudad. Particularmente los envases vacíos de químicos constituyen el principal problema. En algunos casos estos son devueltos al proveedor para su adecuada gestión, en otros se entrega directamente al relleno sanitario.</p> <p>El otro problema son los lodos generados en las plantas de tratamiento del efluente industrial cuya disposición final es el relleno sanitario de Pelileo, previo a un análisis de laboratorio.</p>
Aire	Calidad de aire (gases de combustión, MP, olores)	<p>Las afecciones a la calidad del aire se dan principalmente por emisiones a la atmósfera debido a los gases de combustión de los calderos en la industria. De acuerdo con el 4.1.1. del Anexo 3 del Libro VI del TULSMA, debido a que su potencia calorífica es menor a (10 x 106 BTU/h, estas fuentes no se consideran significativas por lo que no requieren análisis de gases, sin embargo, deben encontrarse aisladas por el alto riesgo de explosión y realizar mantenimientos periódicos de sus variables.</p>

	Otra fuente de contaminación al aire, especialmente a nivel de los trabajadores, es el proceso de manualidades, que consiste en sopletear la prenda con una solución de permanganato de potasio. Al realizarse el sopleteado de pinturas sobre la tela, se emiten vapores orgánicos, partículas en suspensión (aerosoles) y olores, que afectan a la salud.
Nivel de ruido y vibraciones	Los niveles de ruido que pueden alterar el medio circundante, están asociados a los equipos utilizados en el proceso industrial (lavadoras y centrifugadoras) y al ruido vehicular del área de influencia.

Fuente: Los Autores

Como se ha evidenciado en evaluación de impactos el recurso agua es uno de los componentes principales para el funcionamiento de este tipo de industria, el número promedio de prendas lavadas al mes en las tres empresas en el periodo del estudio (Julio-Agosto 2018) es de 6212 prendas lo que equivale a un consumo de agua de 496960 litros en dicho periodo.

6.2. Análisis de Eficiencia

Resultados de eficiencia DQO

En las figuras 11,12 y 13 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de DQO para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (Figura 11) presenta un valor promedio de eficiencia de 48,14%, durante el periodo de monitoreo se observa que los porcentajes de remoción varían entre el 45 % y 65 % a excepción del día 5 en donde se tiene un valor bajo de 11.54 %.La empresa B (Figura 12) tiene un promedio de eficiencia de 60.9%, se observa que en los días 1,2 y 6 las eficiencias superan el 75% mientras que en el día 7 se registra la más baja con 19.5 %.La empresa C (Figura 13) presenta un valor promedio de eficiencia de 61.13 % con valores altos que superan el 70 % en los días 1,3 y 4 el valor más bajo se registra el día 2 con 9,41 %.

Si analizamos las variaciones de la eficiencia de la empresa A difiere un poco de las otras 2 (B y C) esto se debe a que la empresa A al ser catalogada como grande según su nivel de producción realiza todos los procesos de producción, cuando está en operación, por lo

tanto las características del efluente son similares en casi todos los días comportamiento que se refleja también en el porcentaje diario de remoción. Por otra parte, las empresas B y C de mediana y baja producción respectivamente no realizan todos los procesos en operación por lo que las características del efluente varían y dependerán mucho del tipo de proceso realizado por día, esto se refleja en el porcentaje de eficiencia diario de las dos empresas ya que algunos procesos son más contaminantes que otros por lo que la remoción diaria tiene más variaciones en comparación con la empresa A.

De acuerdo con la bibliografía cuando se logra un 60% de eficiencia se puede considerar con una buena remoción. Criterio que cumplen las empresas B y C mientras que la empresa A tiene remoción baja, como se explicó anteriormente el proceso de producción de A es más complejo por la demanda por lo tanto la adición de químicos oxidables es mayor en comparación con las otras empresas.

Resultados de eficiencia Sulfatos

En las figuras 14, 15 y 16 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de Sulfatos para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (Figura 14) presenta un promedio general de eficiencia de 47.15%, en los días 1 y 2 se registra valores superiores al 70 % mientras que en el resto de días la remoción es inferior al 50 %. La empresa B (Figura 15) tiene un promedio de eficiencia de 44.85%, se registran valores de eficiencia altos en únicamente dos días siendo estos superiores al 70 % mientras que en el resto de días los valores no superan el 60%. La empresa C (Figura 16) presenta una eficiencia promedio de 32.01%, el único valor alto se registra el día 2 con 82.63% mientras que el resto de días los valores no superan el 40 %.

Al comparar los promedios de remoción de las 3 empresas no difieren por mucho, independientemente del nivel de producción de cada empresa la utilización de compuestos químicos sulfurosos y detergentes son elementos básicos de la actividad por lo tanto estos compuestos están presentes en todo el afluente. Ninguna de las 3 empresas tiene una eficiencia superior al 60 % por lo tanto para este parámetro no se considera una buena remoción efectuada por las plantas de tratamiento, la alta solubilidad de los sulfatos es un factor importante que limita la eficiencia de los sistemas de tratamiento dicho en

otras palabras la precipitación química se ve afectada por la alta solubilidad de los sulfatos y por no usar un precipitador adecuado.

Resultados de eficiencia Fosfatos

En las figuras 17, 18 y 19 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de fosfatos para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (Figura 17) presenta un promedio de eficiencia de 37.75%, se registran valores superiores al 70% únicamente en dos días mientras que en el resto de días las eficiencias no superan el 60%. La empresa B (Figura 18) tiene un promedio de eficiencia de 52.30%, en este caso se presentan valores superiores al 60% en dos días. La empresa C (Figura 19) tiene un promedio de eficiencia de 66.44% con valores superiores al 60 % en 5 días. Si comparamos las eficiencias de las tres empresas se observa que la más baja la tiene la empresa A, al ser esta una empresa que realiza todos los procesos dentro de su proceso productivo las características de su afluente tienen mayor concentración de fosfatos por el uso de detergentes y productos de limpieza en comparación con las otras dos empresas haciendo que la remoción sea más compleja que en las otras. La única empresa que presenta un porcentaje de remoción aceptable es la empresa C puesto que supera el 60% esto se puede deber principalmente que al tratarse de una empresa pequeña el uso de químicos fosfatados es menor ya que el número de procesos es reducido debido a la demanda en comparación.

Resultados de eficiencia Nitratos

En las figuras 20, 21 y 22 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de nitratos para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (Figura 20) presenta un promedio de eficiencia de 38,29%, los valores obtenidos durante el tiempo de monitoreo no superan el 50%. La empresa B (Figura 21) presenta un promedio de eficiencia de 43.85%, los valores de eficiencia en la mayoría de días superan el 40% de remoción, sin embargo, se registran valores demasiado bajos menores a 5% en dos días. La empresa C (Figura 22) tiene un promedio de eficiencia de 77,28%, en este caso durante todos los días de muestreo se obtiene valores de remoción superiores al 50%.

Al comparar las eficiencias de las tres empresas podemos observar que la empresa A es la que cuenta con el porcentaje más bajo de remoción, el uso de químicos con contenidos de nitratos es propio de esta actividad y al tratarse de una empresa con alta producción que realiza todos los procesos las características del efluente tienen mayores concentraciones de este parámetro, por lo tanto, la remoción también será más compleja en comparación con las otras dos.

Para este parámetro la única empresa que cumple con el porcentaje de eficiencia aceptable es la empresa C con 77,28% como se explicó anteriormente las características del efluente juega un papel importante en la remoción, la empresa C es una empresa de baja producción con uno o dos procesos realizados en donde la adición de químicos es menor en comparación con las otras esto explica porque la remoción es más alta.

Resultados de eficiencia Color

En las figuras 23, 24 y 25 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de Color para las empresas A, B y C respectivamente

La empresa A (figura 23) presenta un promedio de eficiencia de 68,93%, en dos días se registra valores superiores al 80%. La empresa B (figura 24) presenta un promedio de eficiencia de 68.45%, en la mayoría de los días de muestreo se registran valores superiores al 70% y únicamente en dos días se tiene porcentajes menores al 40%. La empresa C (figura 25) muestra un promedio de eficiencia de 68,70%, a excepción de uno en casi todos los días de muestreo se presentan porcentajes de eficiencia mayores al 50%.

Las altas concentraciones de color en la industria textil es propia de la actividad, al comparar los resultados de eficiencia de color en las tres empresas podemos notar que el valor promedio es el mismo para este parámetro con 68% que es considerado como eficiencia alta para una planta de tratamiento, no hay que descartar que las variaciones de concentración tienen relación directa con el tipo de proceso que se realice puesto que no en todos los procesos se utilizan colorantes y esto a su vez también dependerá de la demanda del cliente.

Resultados de eficiencia Sólidos Suspendidos Totales

En las figuras 26, 27 y 28 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de Sólidos Suspendidos Totales para las empresas A, B y C respectivamente

La empresa A (figura 26) tiene una eficiencia promedio de 65,47% en casi todos los días de muestreo presenta valores superiores a 50% y únicamente en un día presenta un valor de 17.72%. La empresa B (figura 27) presenta una eficiencia de 68,52%, la variación del porcentaje de eficiencia durante el periodo de muestreo fluctúa entre el 40 y 91%. La empresa C (figura 28) presenta un promedio de eficiencia de 65,66% a excepción de uno en casi todos los días se presentan porcentajes superiores al 50%.

El control de sólidos suspendidos es de vital importancia para una correcta operación de la planta de tratamiento (antes de la descarga) puesto que causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos (luego de la descarga). De las tres empresas la empresa B es la que posee el mayor porcentaje de eficiencia para el parámetro en mención la diferencia no es mucha entre las tres y como es superior al 60% se considera una eficiencia alta lo que quiere decir que tanto el sistema de rejillas como los tanques sedimentadores que son los encargados de eliminar los sólidos suspendidos totales están haciendo su trabajo.

Resultados de eficiencia Detergentes

En las figuras 29, 30 y 31 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de detergentes para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (figura 29) tiene una eficiencia promedio de 54.96% en la mayor parte de los días de muestreo presenta valores superiores al 50%. La empresa B (figura 30) presenta una eficiencia promedio de 32.95% donde se puede observar que en la mayor parte de los días de muestreo se tienen valores inferiores al 50 %. La empresa C (figura 31) presenta una eficiencia promedio de 29.85% donde la mayor parte de los días de muestreo presentan valores inferiores al 40%.

La industria textil consume grandes cantidades de detergentes para los procesos de limpieza, cocción y otras operaciones. En una planta de tratamiento la espuma de los detergentes afecta la sedimentación primaria, dificulta la solubilidad del oxígeno y recubre las superficies de trabajo con sedimentos que contienen altas concentraciones de surfactantes, grasas, proteínas y lodos a más de esto la presencia de detergentes en las aguas residuales disminuye la solubilidad de oxígeno por la formación de una película superficial protectora que dificulta la renovación del oxígeno disuelto inhibiendo la autodepuración.

Al comparar las tres eficiencias se observa que la empresa A tiene el mayor porcentaje mientras que la C tiene el porcentaje más bajo sin embargo ninguna de las tres empresas llega a un porcentaje adecuado para considerar eficientes para este parámetro. Dentro del sistema de tratamiento de las tres empresas no se ha podido identificar un proceso direccionado al tratamiento de este contaminante es por ello que las remociones en las tres empresas son menores al 60 %.

Resultados de eficiencia Aceites y Grasas

En las figuras 32, 33 y 34 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de aceites y grasas para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (figura 32) tiene una eficiencia promedio de 71%, los valores obtenidos diariamente durante el tiempo de muestreo son superiores al 50%. La empresa B (figura 33) presenta una eficiencia de 61% mientras que la empresa C tiene una eficiencia de 81.75% con valores en todos los días superiores al 60%.

El aporte de aceites y grasas a estas aguas está relacionado directamente con la naturaleza de las fibras que se procesan y el uso de lubricantes en los procesos mecanizados. La presencia de sustancias lipídicas por su característica inmisible en el agua da lugar a la aparición de natas y espumas que entorpecen cualquier tipo de tratamiento fisicoquímico puesto que interfieren en el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera pues no permiten el paso de oxígeno hacia el agua ni la salida de CO₂ del agua hacia la atmósfera.

En este caso las tres empresas presentan alto porcentaje de eficiencia, al tratarse de líquidos inmiscibles su separación dependerá mucho del tiempo de retención del afluente en la planta y del continuo mantenimiento que se le dé a esta para la remoción de lodos y natas. Las diferencias de eficiencia que se observan entre las plantas pueden deberse a estos requerimientos.

Resultados de eficiencia Conductividad

En las figuras 35, 36 y 37 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de conductividad para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (figura 35) tiene una eficiencia promedio de 26.17%, durante el periodo de muestreo los porcentajes de remoción no superan el 45%. La empresa B (figura 36) tiene

un promedio de eficiencia de 51.75% durante la mayor parte del periodo de muestreo se puede observar porcentajes de remoción inferiores al 50%. La empresa C (figura 37) presenta un promedio de eficiencia de 46.30% durante el periodo de muestreo se observa porcentajes que fluctúan entre el 16% y 70%.

Al comparar las eficiencias de las tres empresas podemos notar que ninguna de ellas supera el 60% lo cual indica que la eficiencia no es buena. Esto se debe a que a adición de sales solubles es propia de la actividad y está presente en casi todos los procesos lo cual hace que la conductividad sea alta y su remoción sea más compleja.

Resultados de eficiencia Solidos Disueltos

En las figuras 38, 39 y 40 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de conductividad para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (figura 38) tiene una eficiencia promedio de 27.34%, durante el periodo de muestreo los porcentajes de remoción no superan el 50 %. La empresa B (figura 39) presenta una eficiencia de 64.65%, durante todo el periodo de muestreo se observa porcentajes superiores al 50% a excepción de un solo día. La empresa C (figura 40) presenta un promedio de eficiencia de 39.09%, los valores obtenidos durante todo el tiempo de monitoreo no superan el 70%.

De las tres empresas, la única que posee una eficiencia alta es la empresa B, mientras que las empresas A y B poseen valores inferiores a 60% esto se puede deber a que al ser las sales inorgánicas químicos muy comunes dentro de la actividad la presencia de estas es alta aumentado la concentración de solidos disueltos lo que hace que su remoción sea compleja.

Resultados de eficiencia DBO

En las figuras 41, 42 y 43 (ver anexo 1) se tiene el porcentaje de eficiencia de DBO para las empresas A, B y C respectivamente.

La empresa A (figura 41) presenta un promedio de eficiencia de 47% se puede observar que durante el periodo de muestreo la mayor parte de los datos están por debajo de 50 %. La empresa B (figura 42) tiene un promedio de eficiencia de 55% en donde la mayor parte de los datos diarios presentan valores inferiores a 60%. La empresa C (figura 43) presenta

un promedio de eficiencia de 54% en donde la mayor parte de los datos son inferiores al 60 %

Se puede observar que ninguna de las tres empresas presenta una eficiencia alta pues no llegan al 60% esto se debe a la naturaleza del efluente pues al tratarse de aguas industriales tiene altos contenidos de elementos que lo dificultan

6.3. Análisis de datos de entrada y salida

6.3.1. Caudal

El caudal es la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo por un conducto abierto o cerrado como un río, riachuelo, acequia, un canal o una tubería. (Cahuana y Yugar, 2009)

Tabla 3. Registro de caudal de entrada – salida y producción mensual

Empresa	Caudal entrada promedio (m3/s)	Caudal salida promedio (m3/s)	Producción mensual Jul-Agos (prendas)
A	0,009417	0,0044904	8304
B	0,005679	0,0025769	5453
C	0,003482	0,0021185	4881

Fuente: Los Autores

En las figuras 44 y 45 (ver anexo 2) se establecen los datos de caudal registrados durante el periodo de muestreo en la entrada y salida de la planta de tratamiento, se observa un comportamiento variable en la entrada con concentración máxima en el día 3 de 0,0013817 m3/s en la empresa A y concentración mínima en el día 2 de 0,000201 m3/s de la empresa B. Se calculó los promedios de caudal en la empresa A 0,009417 m3/S, empresa B 0,005679m3/s y empresa C 0,003482 m3/s para comparar con la figura 46 de producción mensual durante el mes de muestreo de julio y agosto, el cual indica que la empresa A lavó 8304 prendas, la empresa B lavó 5453 prendas y la empresa C lavó 4881 prendas, estimando que el caudal aumenta según la producción o demanda de lavado.

Mientras a la salida de la planta de tratamiento se observa caudales diferentes entre las empresas A de 0.0044904m3/s, B de 0.0025769 m3/s y C de 0.0021185 m3/s, sus caudales difieren según demanda de lavado y los tiempos retención en la planta.

6.3.2. Potencia de hidrogeno (pH)

La concentración de pH es un parámetro de calidad que muestra si el agua es ácida, básica o neutra, además muestra el tipo de tratamiento que se puede aplicar al agua residual.

Tabla 4. Registro de entrada y salida de pH

EMPRESA	pH entrada promedio	pH salida promedio	Limite permisible
A	8,07	7,74	5-9
B	6,69	5,96	5-9
C	8,09	7,47	5-9

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 47y 48 (ver anexo 2) se muestran la variación del pH durante la entrada y salida de la planta de tratamiento, en la entrada de la planta se observa una concentración alta en el día 5 de 8.9 de la empresa A y una concentración baja en el día 7 de 5,4 en la empresa B. Al comparar los promedios de entrada de las empresas A 8,07; empresa B 6,69 y empresa C 8,09 con la tabla 11 de descarga al alcantarillado del Libro VI del TULSMA, nos muestra que los datos deben estar entre un pH de 5 -9, en el cual, muestran que los datos están dentro del parámetro estimado según la tabla,

Mientras a la salida de la planta se obtiene una concentración alta en el día 1 de 8,8 de la empresa C y con una concentración baja en el día 2 de 4,6 de la empresa B. Se obtuvo los promedios de pH en cada empresa (tabla 5) donde A de 7,74, B de 5,96 y C de 7,74 para comparar con la tabla 11 de descarga al alcantarillado del Libro VI del TULSMA, se determina que la empresa A y C están dentro del límite permisible, indicando que son aptos para su descarga.

La variación de pH difiere depende de los compuestos químicos usados y las temperaturas altas aplicadas durante la descarga del proceso productivo.

6.3.3. Conductividad

Depende al tipo de iones disueltos y a la temperatura medida, su finalidad es medir la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, esto es visible en aguas residuales, además permite determinar los sólidos disueltos.

Tabla 5. Registro de conductividad de entrada y salida.

EMPRESA	Conductividad entrada promedio (ms/cm)	Conductividad salida promedio (ms/cm)	Grado de restricción (ms/cm)
A	3,33	3,92	Ligero moderado (0.7-3.0) – severo(>3.0)
B	1,78	1,63	Ligero moderado (0.7-3.0) – severo(>3.0)
C	4,00	3,28	Ligero moderado (0.7-3.0) – severo(>3.0)

(Tabla7. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego– Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 49 y 50 (ver anexo 2) se observan los datos de conductividad de entrada y salida a las plantas de tratamiento de las empresas. De acuerdo al gráfico de entrada se muestra una concentración alta en el día 7 de 7,1 ms/cm de la empresa C y una concentración baja en el día 4 de 0,8 ms/cm de la empresa C. En base a los promedios de la empresa A de 3,33 ms/cm, empresa B de 1,78 ms/cm y empresa C de 4,00 ms/cm se compara con la tabla 7 de parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego, se determina que la empresa B está dentro del grado de restricción ligero- moderado que indica que el agua está apta para utilizar, mientras las demás empresas pertenecen al nivel de restricción severo, indica debe ser controlado estrictamente antes de su utilización.

En la figura 50, se observa una concentración alta en el día 7 de 8.1 ms/cm de la empresa C y una concentración baja en el día 4 de 0,8 ms/cm en la misma empresa. Al comparar los promedios (tabla 6) de la empresa A de 3.92 ms/cm, empresa B de 1.63 ms/cm y empresa C de 3.28 ms/cm con los valores de la tabla 7 de los niveles guía de la calidad del agua para riego, se determinó que la empresa B presenta una restricción ligera – moderada, indica que es apto para su utilización, mientras las otras empresas pertenecen al nivel de restricción severo, muestra que el agua debe ser controlado estrictamente de acuerdo al parámetro.

La conductividad se relaciona con la concentración de solidos disueltos, ya que es una medida indirecta de iones en solución fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio.

6.3.4. Temperatura

Es un parámetro de importancia dada su influencia en las reacciones químicas y velocidad de reacción, así como la aptitud del agua. A demás se considera un indicador de calidad de agua, influye en otros indicadores como conductividad, pH y déficit de oxígeno.

Tabla 6. Registro de temperatura de entrada y salida.

EMPRESA	Temp entrada promedio (°C)	Temp salida promedio (°C)	Limite permisible °C
A	23,25	17,67	< 40
B	26,76	17,82	< 40
C	24,89	17,04	< 40

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 51 y 52 (ver anexo 2) se muestran la variación de datos de temperatura en la entrada y salida de la planta de tratamiento, Durante la entrada de la planta se visualiza la figura una concentración alta en el día 7 de 34.1 °C de la empresa B y una concentración baja en el día 5 de 16,9°C de la empresa C. Se procedió a comparar los promedios de la empresa A de 23,25 °C y empresa B de 26,76 ° C y empresa C de 24,89 °C; con la tabla 11 de límite permisible para descarga al alcantarillado público del TULSMA se determina que los datos están dentro del límite permisible, es decir, está permitido su descarga.

En la figura 52 de salida se muestran concentraciones altas en el día 5 de 20,4 °C en la empresa A y una concentración baja en el día 5 de 14,2 ° C de la empresa C. Se procedió a comparar los promedios (tabla 7) de la empresa A de 17,67 °C, empresa B de 17,82°C y empresa C de 17,04 °C con la tabla 11 para descarga al alcantarillado público del TULSMA, se observa que los promedios siguen una misma tendencia el cual muestra que se encuentran dentro del límite de aceptación, indica que está apto para su descarga de acuerdo al parámetro.

La variación de la temperatura en la entrada de la planta es debido a la actividad de las lavanderías que descargan el agua a elevadas temperaturas, mientras a la salida de la planta influye la temperatura ambiente.

6.3.5. Color

El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. (Severiche, 2013) El color es uno de los indicadores del estado de pureza o de contaminación del agua.

Tabla 7. Registro de color de entrada y salida.

EMPRESA	Color entrada promedio (PtCo)	Color salida promedio (Pt Co)	Limite permisible
A	2526,7	1653,4	Inapreciable en dilución de 1/20
B	2693,7	1087,7	Inapreciable en dilución de 1/20
C	2587,4	608,0	Inapreciable en dilución de 1/20

(Tabla 12. Límites de descarga al cuerpo de agua dulce – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 53 y 54 (ver anexo 2) se muestra los datos de color en la entrada y salida de las plantas de tratamiento de agua residual de las empresas en estudio. En la entrada de la planta se registra una concentración alta en el día 1 de 18600 Pt Co en la empresa C y una concentración baja en el día 3 de 125 Pt Co de la empresa B. Se comparó los promedios de concentración de la empresa A de 2526,7 PtCo, empresa B de 2693,7 Pt Co y empresa C de 2587,4 Pt Co con el límite de descarga al cuerpo de agua dulce, en el cual, indica que los valores son inapreciables en dilución de 1/20, es decir, no es idóneo para su descarga, debido que mantiene un color notable.

Mientras, en la salida de la planta de tratamiento también se observó una concentración alta en el día 1 de 460,0 PtCo de la empresa B y una concentración baja en el día 5 de 93,0 PtCo de la empresa C. Se obtuvo promedios de concentración (tabla 8) de la empresa A de 1653,4 PtCo, empresa B de 1087.7 Pt Co y empresa C de 608 PtCo para comparar con el límite de descarga al cuerpo de agua dulce, indicando que los valores son inapreciables, es decir no está apto para su descarga, debido a que su color es notable.

La variación de color influye la demanda de lavado, al uso de tinturados y productos de compuestos químicos.

6.3.6. Sólidos disueltos totales

Es la sumatoria de minerales, cationes o aniones disueltos en el agua, además influye los componentes químicos más comunes como el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruros que se encuentran en las aguas residuales o naturales.

Tabla 8. Registro de SDT de entrada y salida.

EMPRESA	SDT entrada promedio (mg/L)	SDT salida promedio (mg/L)	Grado de restricción mg/L
A	496,9	632,0	Ligero moderado (450-2000) – severo(>2000)
B	595,7	190,0	Ligero moderado (450-2000) – severo(>2000)
C	703,4	495,0	Ligero moderado (450-2000) – severo(>2000)

(Tabla 7. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego– Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 55 y 56 (ver anexo 2) muestra los datos registrados durante el periodo de muestreo en la entrada y salida de las plantas de tratamientos de las empresas en estudio. De acuerdo a los resultados obtenidos en la entrada de la planta se obtuvo una concentración alta en el día 1 de 1210,0 mg/L de la empresa C y una concentración baja en el día 5 de 122,0 mg/L en la misma empresa. En base a sus promedios de concentración de la empresa A de 496,9 mg/L, empresa B de 595,7 mg/L y empresa C de 703,4 mg/L se compara con la tabla 7 para uso en riego según el TULSMA, el cual nos indica que los valores de las empresas se encuentran dentro del grado de restricción ligero moderado, es decir es idóneo para su utilización.

En la figura 56 indica los registros de salida de sólidos disueltos, el cual, muestra una concentración alta en el día 7 de 989 mg/L de la empresa C y una concentración baja en el día 4 de 121 mg/L en la misma empresa. Se procedió a comparar los promedios de concentración (tabla 9) de la empresa A de 632 mg/L, empresa B de 190 mg/L y empresa C de 495 mg/L con la tabla 7 para uso en riego según el TULSMA, se determina que los valores de las empresas A y C presenta restricción ligera moderada, indica que es apto para su utilización, mientras la empresa B no presenta restricción, es decir no se encuentra dentro de los valores permitidos.

Los sólidos disueltos totales son un indicativo del contenido de sales presentes en el agua y provienen de los productos utilizados durante la operación de lavado.

6.3.7. Sólidos suspendidos totales

Son los responsables de la impureza visible debido a la presencia de pequeñas partículas como limo, arena y virus, que no se pueden eliminar por medio de deposición. Se puede determinar con la descripción de características visibles de agua, turbidez y claridad, color y olor del agua.

Tabla 9. Registro de sólidos suspendidos totales de entrada y salida.

EMPRESA	SST entrada promedio (mg/L)	SST salida promedio (mg/L)	Limite permisible mg/L
A	123,7	47,5	220
B	164,8	62,4	220
C	168,5	62,8	220

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En base a las figuras 57 y 58 (ver anexo 2) se establece la variación de concentración de sólidos suspendidos en el periodo de muestreo durante la entrada y salida de la planta de tratamiento, muestran una concentración alta en la entrada de la planta durante el día 9 de 337 mg/L de la empresa B, y una concentración baja en el día 10 de 45 mg/L de la empresa C. Al comparar los promedios de la empresa A de 123,7 mg/L, empresa B de 164,8 mg/L y empresa C de 168,5 mg/L con la tabla 11 del TULSMA muestran que están dentro del límite permisible para descarga al alcantarillado público, es decir es idóneo para su descarga.

Según la figura 58 de salida de la planta de tratamiento, se observa una concentración alta en el día 5 de 200 mg/L de la empresa B y concentraciones muy bajas en el día 6 de 16 mg/L de la empresa B. Se compara las concentraciones de SST (tabla 10) de la empresa A de 47,5 mg/L, empresa B de 62, 4 mg/L y empresa C de 62,8 mg/L con la tabla 11 del TULSMA para descargar al alcantarillado público, se determina que están dentro del límite permisible, indica que está apto para su descarga.

La variación de los datos se debe a la descarga de partículas provenientes del producto lavado y del poco tiempo de reposo en la planta de tratamiento.

6.3.8. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requiere los organismos aerobios para la degradación de materia orgánica, se mide en mg/L. Es una medición indispensable para conocer el estado o calidad del agua.

Tabla 10. Registro de DBO de entrada y salida.

EMPRESA	DBO entrada promedio (mg/L)	DBO salida promedio (mg/L)	Limite permisible mg/L
A	68,5	36,0	250
B	46,5	21,3	250
C	45,7	21,6	250

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 59 y 60 (ver anexo 2) se observan las concentraciones de DBO durante la entrada y salida de las plantas de tratamiento. De acuerdo a la entrada se muestra una concentración alta en el día 8 de 100 mg/L de la empresa A y una concentración mínima en el día 5 de 8 mg/L de la empresa C. Se comparó los promedios de la empresa A de 68.5 mg/L, empresa B de 46.5 mg/L y empresa C de 45.7mg/L con la tabla 11 del TULSMA, se determinó que los valores de las empresas están dentro del límite de aceptación de 250 mg/L, indica que es apto para su descarga.

En base a la figura 60 de salida de la planta, también se mostró una concentración alta en el día 6 de 75mg/L de la empresa A y una concentración baja en el día 2 de 4mg/L en la empresa B y C, y en el día 6 de 4mg/L de la empresa C. Se obtuvo los promedios (tabla 11) de la empresa A de 36 mg/L, empresa B de 21.3 mg/L y empresa C de 21.6 mg/L para comparar con la Tabla 11 de descarga al alcantarillado del TULSMA, en la cual, se dedujo que los valores de las empresas están dentro de limite permisible, es decir está apto para su descarga.

La variación de los valores de DBO se debe a la temperatura, la disponibilidad de nutrientes, el suministro de oxígeno, el pH y la presencia de tóxicos. Los valores de DBO

son bajos en la entrada y salida debido al exceso de compuestos químicos utilizados en las lavanderías, como se evidencian en los valores de DQO.

6.3.9. Demanda química de oxígeno

La Demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente, y su contenido es de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico. (Dirección General de Salud Ambiental de Perú, 2011)

Tabla 11. Registro de DQO entrada y salida.

EMPRESA	DQO entrada promedio (mg/L)	DQO salida promedio (mg/L)	Limite permisible mg/L
A	491,5	555,3	500
B	506,5	497,8	500
C	728,9	424,7	500

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En base a las figuras 61 y 62 (ver anexo 2) se establecen la variación de la DQO de las tres empresas en entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales, En base a la figura de entrada se muestra una concentración alta del día 7 con 2109 mg/L en la empresa C y concentración baja durante el día 2 con 20 mg/L de la empresa B. De acuerdo al promedio de la empresa A de 491,5mg/L, empresa B de 506,5 mg/L y empresa C de 728,9 mg/L se compara con la tabla 11 del TULSMA para descarga al alcantarillado, el cual se determina que la empresa B y C sobrepasa el límite de 500 mg/L, es decir no es idóneo para su descarga y la empresa A esta dentro del límite permisible, indica que es apto para su descarga.

Mientras la figura 62 de salida, se observa un pico máximo en el día 5 de 1907 mg/L de la empresa B y un pico mínimo en el día 2 de 5mg/L de la misma empresa. Se procedió a comparar los promedios (tabla 11) de la empresa A de 555,3 mg/L y empresa B de 497,8

mg/L y empresa C de 424,7 mg/L con la tabla 11 de límite permisible para descarga al alcantarillado público según el TULSMA, el cual se dedujo que la empresa B y C están dentro del límite de aceptación, es decir, está apto para su descarga y la empresa A está fuera del límite de aceptación, indica que no se puede descargar con aquellos valores.

La variación de la concentración de la DQO se debe al aporte de compuestos químicos oxidables durante el lavado de jeans y es el complemento de la DBO.

6.3.10. Sulfatos

Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras. Están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en las industrias químicas. Se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos, Además se aplica en los detergentes con la finalidad de diluir tinturas. (APHA, AWWA y WPCF, 2010)

Tabla 12. Registro de SO₄ de entrada y salida.

EMPRESA	SO ₄ entrada promedio (mg/L)	SO ₄ salida promedio (mg/L)	Límite permisible mg/L
A	355,0	290,9	400
B	528,0	447,2	400
C	727,0	548,0	400

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En base a las figuras 63 y 64 (ver anexo 2) se observa variaciones de los sulfatos registrados durante el periodo de muestreo de entrada y salida en las tres empresas, de acuerdo a la figura de entrada se muestran picos altos en el día 2 de 3800 mg/L de la empresa C y picos bajos en el día 3 de 140mg/L de la empresa A, al comparar los promedios de cada empresa indica que la empresa A tiene 355 mg/L, empresa B 528 mg/L y la empresa C 727 mg/L, estimando que la concentración de sulfato en la empresa A se encuentra dentro del límite permisible para descarga al alcantarillado, es decir está apto para su descarga según el TULSMA, mientras las demás empresas están fuera del límite de descarga, es decir no está permitido su descarga según el parámetro medido.

En la figura 64 de salida, indica un pico máximo de la empresa B en el día 3 de 1550 mg/L y un pico mínimo en la empresa B de 35mg/L durante el día 1, de acuerdo a los promedios (tabla 12) de la empresa A de 290,9 mg/l, empresa B de 447,2 mg/L y empresa

C de 548mg/L, se determina que la empresa A resulta estar dentro del límite permisible para descarga al alcantarillado de acuerdo al TULSMA, es decir, está permitido su descarga.

La variación en la concentración de sulfatos se debe a los productos químicos utilizados que contiene dicho compuesto y la cantidad de detergentes aplicados durante el proceso de lavado. Mientras en la salida de la planta influye la cantidad de coagulante y floculante aplicado para la sedimentación de partículas y su tiempo de reposo.

6.3.11. Fosfatos

En las aguas naturales y residuales, el fósforo se presenta mayoritariamente en forma de fosfatos. (Severiche, 2013). Los fosfatos son utilizados para la fabricación de detergentes, presentado alto grado de contaminación a fuentes hídricas causando eutrofización.

Tabla 13. Registro de PO4 de entrada y salida.

EMPRESA	PO4 entrada promedio (mg/L)	PO4 salida promedio (mg/L)
A	27,09	21,00
B	24,74	30,09
C	56,89	37,78

Fuente: Los Autores

En base a las figuras 65 y 66 (ver anexo 2) establecen variaciones de concentraciones de fosfatos en la entrada y salida de las plantas de tratamiento. De acuerdo a la figura de entrada se muestra una concentración alta en el día 8 con 230 mg/L en la empresa C y una concentración baja en el día 8 de 3,6 mg/L de la empresa A, se observa mayor concentración en la empresa C debido a la alta dosis de fosfato durante el lavado de jeans, aplicación de nitratos y detergentes que tiene alto contenido de fosfato.

En la figura 66 de salida de la planta se observa mayor concentración en la empresa C con un promedio de 37.78 mg/L (tabla 13) en comparación con la empresa A de 21 mg/L, debido a la falta de utilización de floculante para la sedimentación de las partículas en la planta de tratamiento.

No se establece límite permisible dentro de la normativa nacional, pero fue necesario realizar su medición, debido a que sus valores se deben a la concentración de detergentes

y la utilización de este compuesto químico directamente durante el lavado del producto, y su alto contenido genera crecimiento de vegetales como algas provocando la eutrofización en los cuerpos receptores que se presentan luego de las descargas.

6.3.12. Nitratos

El nitrato-N es encontrado naturalmente en el suelo y agua, pero usualmente a relativas bajas concentraciones (menos de 4 mg/L en agua). Sin embargo el nitrato es altamente soluble y es transportado fácilmente cuando fuentes contaminantes entran en contacto con el agua. (Adam y Jim, 2012)

Tabla 14. Registro de NO₃ de entrada y salida.

EMPRESA	NO ₃ entrada promedio (mg/L)	NO ₃ salida promedio (mg/L)	Limite permisible mg/L
A	491,5	555,3	10
B	506,5	497,8	10
C	728,9	424,7	10

(Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 67 y 68 (ver anexo 2) se muestra los datos de nitratos durante los días de muestreo en la entrada y salida de las plantas de tratamiento. De acuerdo a la figura de entrada se observa un pico alto en el día 3 de 1130mg/L de la empresa C y pico bajo del día 4 de 0,57 mg/L de la misma empresa. En base a los promedios de concentración de las empresas (tabla 14) se define que la empresa A tiene mayor concentración de nitratos de 5549,3mg/L de la empresa B de 473,2 mg/L y empresa C de 255,7 mg/L, se procedió a comparar los datos con la tabla 12 de descarga a cuerpo de agua de dulce del TULSMA nos indica que las concentraciones de nitratos están fuera del límite permisible, es decir no está permitido su descarga.

De acuerdo a la figura de salida de la planta de tratamiento se observa una concentración alta en el día 3 de 1130 mg/L en la empresa C y una concentración baja en el día 4 de 0,57 mg/L de la empresa C. En base a los promedios de concentración de la empresa A de 549,3 mg/L, empresa B de 473,0 mg/L y empresa C de 255,77 mg/L se compara con la tabla 12 de descarga al cuerpo de agua dulce según el TULSMA indicando que

sobrepasan el límite permisible de concentración de nitratos, es decir no es idóneo su descarga.

La variación de los datos de nitratos se debe a los compuestos utilizados durante el lavado del producto y la presencia de detergentes contribuye en el aumento de nitratos. Mientras en la salida de la planta se observa que la empresa A tiene mayor concentración de nitratos debido a la falta de tiempo de retención en la planta y la supervisión de un técnico para la aplicación adecuada de coagulante y floculante.

6.3.13. Detergentes

Los detergentes son sustancias que producen una disminución de la tensión superficial, lo que se manifiesta por su capacidad para emulsionar las grasas; cuando tal acción se desarrolla sobre las partículas grasas de suciedad depositadas en las superficies, su posterior arrastre por el agua se ve extraordinariamente facilitado. Los detergentes se caracterizan por su capacidad para disociarse iónicamente en solución acuosa. (Severiche, 2013)

Tabla 15. Registro de detergente de entrada y salida.

EMPRESA	Detergentes entrada promedio (mg/L)	Detergentes salida promedio (mg/L)	Límite permisible mg/L
A	2,50	1,0	2
B	2,97	2,4	2
C	2,58	2,1	2

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 69 y 70 (ver anexo 2) se establecen variaciones de los datos de detergentes dentro del periodo de muestreo durante la entrada y salida de las plantas de tratamiento, se muestra concentración máxima a la entrada de la planta en el día 3 de 8.6 mg/L de la empresa A y una concentración mínima en el día 7 de 0.255 mg/L de la empresa A. Se compara los promedios de la empresa A (tabla 15) de 2.50 mg/L, empresa B de 2.97 mg/L y empresa C de 2.58 mg/L con la tabla 11 del TULSMA para descarga al alcantarillado público determinando que los promedios sobrepasan el límite permisible de 2 mg/L, es decir, no está apto para su descarga de acuerdo al parámetro medido.

En la figura 70 de salida, la concentración máxima se da en el día 9 de 6,21 mg/L en la empresa B y una concentración mínima está en el día 1 de 0,15 mg/L de la empresa A, al comparar los promedios de concentración de la empresa A de 1,0 mg/L, empresa B de 2.4 mg/L y empresa C de 2,1 mg/L con la tabla 11 del TULSMA para descarga al alcantarillado solo la empresa A esta dentro del límite permisible, es decir, está apto para su descarga.

La variación de detergente se debe a la utilización directa durante el proceso de lavado para obtener un producto suave y firme, el cual se busca disminuir en la planta de tratamiento para evitar la deducción de la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua dificultando la vida acuática.

6.3.14. Aceites y grasas

Es conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente. En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. (Severiche, 2013)

Tabla 16. Registro de Aceites y Grasas de entrada y salida.

EMPRESA	A Y G entrada promedio (mg/L)	A Y G salida promedio (mg/L)	Limite permisible mg/L
A	72,94	29,20	100
B	60,83	23,49	100
C	177,60	21,31	100

(Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público – Libro VI. TULSMA)

Fuente: Los Autores

En las figuras 71 y 72 (ver anexo 2) se establecen los datos de aceites y grasas durante el periodo de muestreo en la entrada y salida de las plantas de tratamiento, se muestra la concentración máxima en la entrada de la planta del día 1 de 833, 71 mg/L de la empresa C y su concentración mínima del día 9 de 2,29 mg/L de la empresa B. Se relaciona los datos promedios (tabla 16) de la empresa A de 72,94 mg/L, empresa B de 60.83 mg/L y empresa C de 177,60 mg/L con la tabla de descarga al alcantarillado público del TULSMA definiendo que la empresa A y B está dentro del límite permisible de 100 mg/L, es decir, esta idóneo para su descarga de acuerdo al parámetro medido, mientras la empresa C sobrepasa el límite, indica que no es permitido su descarga.

En la figura 72 de salida, se muestra una concentración en el día 1 de 85.71 mg/L en la empresa A y una concentración baja en el día 9 de 0.86 mg/L en la misma empresa. Se comparó los promedios de la empresa A de 29.20 mg/L, empresa B de 23.49 mg/L y empresa C de 21.31 mg/L con la tabla 11 de descarga al alcantarillado público del TULSMA, se determinó que los valores promedios están dentro del límite permisible, indica que está apto para su descarga.

La variación de aceites y grasas se debe al uso de altas dosis de detergentes, formando moléculas de gran tamaño que son los responsables de formar espuma, disminuyendo el oxígeno.

6.4. Correlación de parámetros

Para este análisis se han agrupado algunos parámetros que guardan relación en cuanto a su origen su comportamiento en el efluente y sus efectos sobre la calidad de agua.

Algunos parámetros no han sido considerados debido a que no pueden ser agrupables por sus características individuales y porque no coinciden y varían significativamente a lo largo de los puntos de muestreo.

En el caso del pH este varía durante el tiempo de monitoreo, sin embargo, se encuentran dentro del límite permisible establecido por la normativa ambiental, lo cual, no incide en la calidad del agua del efluente.

La temperatura varía de acuerdo a la temperatura ambiente el área de estudio y del tiempo de retención en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Concentración de nitratos fosfatos y sulfatos de la empresa A

En la figura 73 (ver anexo 3) , se muestra la concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa A, para los fosfatos su concentración es constante en todos los puntos debido a que su presencia es mínima, por ser un elemento constituyente de otros compuestos químicos utilizados en la industria, en los sulfatos se observa una concentración creciente, este comportamiento está relacionado con la demanda de producción, mientras más demanda hay menores son los tiempo de retención lo que interrumpe el proceso de sedimentación causando el aumento de su concentración a la

salida de la planta. En los nitratos no se puede analizar el comportamiento de los datos debido a que su concentración es muy dispersa, sin embargo, se ha tomado en cuenta dentro de la correlación porque es uno de los elementos constitutivos de los detergentes que son ricos en sulfatos y nitratos.

Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa A

En la figura 74 (ver anexo 3), se muestra la concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa A, en la DBO y aceites y grasas se observa un comportamiento constante a lo largo del muestreo debido a que la relación entre estos dos parámetros es inversamente proporcional, mientras en la DQO su comportamiento se encuentra disperso, a excepción de los días 1, 7 y 8 que son valores considerados atípicos debido a una mala toma de muestra o análisis de laboratorio. Sin embargo, existe una relación entre DBO y DQO que nos da una idea del nivel de contaminación de las aguas, teóricamente la DBO debe ser la mitad de la DQO, de acuerdo a los análisis de laboratorio realizados la DBO es demasiado baja lo que indica que las condiciones del efluente no son aptas para el desarrollo de la actividad microbiana, debido a la presencia de químicos industriales son altas.

Concentración de nitratos fosfatos y sulfatos de la empresa B

En la figura 75 (ver anexo 3), se muestra la concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa B, en los sulfatos se observa un comportamiento creciente a excepción del punto 3 presenta un valor atípico debido a una mala toma de muestra o análisis de laboratorio, en los fosfatos se tiene un comportamiento constante y en los nitratos se tiene un comportamiento decreciente a excepción del día 10. La variación de comportamiento de los datos se debe a varios factores como el tiempo de retención que influye en la sedimentación de los coloides y la mezcla de aguas residuales de procesos anteriores con afluentes de nuevos procesos que hace que las concentraciones varíen notablemente previo a la descarga.

Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa B

En la figura 76 (ver anexo 3), se muestra la concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa B, la DBO y aceites y grasas presentan una concentración constante

en donde se puede apreciar la relación inversa que tienen estos parámetros, en este caso la presencia de aceites y grasas que es mayor, afecta la concentración de DBO que es menor como se aprecia en la figura. Sin embargo, en la DQO se observa una concentración creciente a excepción del punto 6 que tiene un valor atípico debido a que la muestra fue mal tomada o al análisis de laboratorio, no se puede establecer una relación entre la DBO y DQO debido a que la naturaleza del agua residual no permite el desarrollo de actividad biológica que se refleja en los bajos valores de DBO.

Concentración de nitratos fosfatos y sulfatos de la empresa C

En la figura 77 (ver anexo 3), se muestra la concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa C. En los sulfatos y nitratos se tiene un comportamiento creciente de los datos mientras que para los fosfatos el comportamiento es constante a excepción del punto 3 y 5 que presenta un valor atípico debido a un mal análisis de laboratorio o mala toma de muestras. Este comportamiento se debe a que los tres compuestos constituyen los detergentes por lo tanto su presencia es alta y constante y también forman parte de los aditivos directos en los procesos productivos de la empresa.

Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa C

En la figura 78 (ver anexo 3), se muestra la concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa C, en la DBO y aceites y grasas sus concentraciones son constantes, debido a que hay una relación inversamente proporcional, es decir la DBO es mayor a aceites y grasas, mientras la DQO tiene una concentración creciente a excepción del día 2 que indica un valor atípico resultando de una mala toma de muestras o análisis de laboratorio, cabe mencionar que teóricamente la DBO debe ser la mitad de la DQO, pero de acuerdo a los análisis de laboratorio realizados la DBO es demasiado baja lo que indica que las condiciones del efluente no son aptas para el desarrollo de la actividad microbiana.

7. PROPUESTA DE MEJORA

El diseño de sistema de tratamiento de aguas requiere del conocimiento de diversas variables: aplicabilidad del proceso, caudal de operación, variaciones de caudal, características del agua residual cruda, condiciones climáticas, desempeño del sistema,

restricciones ambientales, condiciones de operación y mantenimiento, disponibilidad de terreno y costo estimado de la planta. En el caso de las industrias en estudio la parte socioeconómica es una gran limitante debido a que al tratarse de empresas familiares su presupuesto se ve condicionado por la demanda y producción de la zona, es por esto que para la propuesta de mejora se consideró las opciones más accesibles.

Por lo tanto, en esta sección se pretende dar algunos lineamientos básicos de lo que debería considerarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en la industria del lavado y tinturado de jeans para las empresas asentadas en el cantón Pelileo.

Control de la relación entre DBO y DQO

En procesos de depuración de agua residual, es importante la relación que existe entre la DBO/DQO debido a que el cociente de estos dos factores nos da una idea de la capacidad del agua para ser degradada biológicamente. Ver tabla 17

Tabla 17. Biodegradabilidad de un agua residual

$\frac{DBO_5}{DQO}$	Biodegradabilidad del agua residual
< 0,2	Poco biodegradable
0,2-0,4	Biodegradable
> 0,4	Muy Biodegradable

Fuente: Los Autores

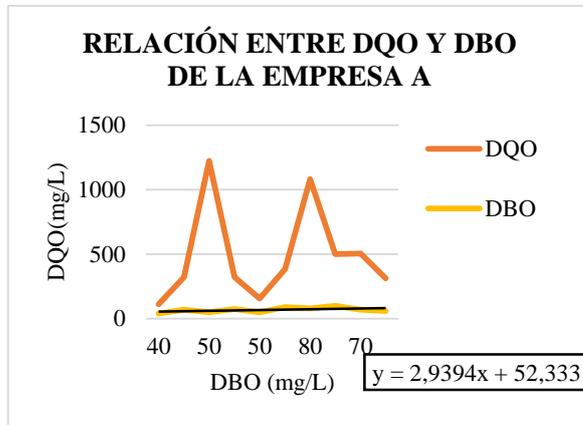
En el caso de estudio la relación entre estos dos parámetros nos indica biodegradabilidad baja < 0.2 por lo tanto se recomienda para su mejoramiento implementar un sistema de aireación cuyas funciones principales son: transferir oxígeno al agua para aumentar el oxígeno disuelto, disminuir la concentración de CO_2 , disminuir la concentración de H_2S y remover sustancias volátiles productores de olores.

Según las curvas de simulación de datos DQO vs DBO se ha determinado que es posible el mejoramiento de relación DBO/DQO para esto se propone el uso de un sistema de aireación que aumente la concentración de DBO hasta obtener una relación entre 0.2-0.4 que bibliográficamente se considera como agua biodegradable.

En la figura 3 se observa la relación de DQO y DBO de la empresa A que nos permite obtener la ecuación lineal de ajuste de los datos. Con la ayuda de la ecuación se simula

un aumento de DBO, este aumento se traduce en una relación de DBO/DQO entre 0.28-0.35 aceptable para aguas biodegradables como se puede apreciar en la tercera columna de la tabla 18.

Figura 4. Relación DQO y DBO de la empresa A



Fuente: Los Autores

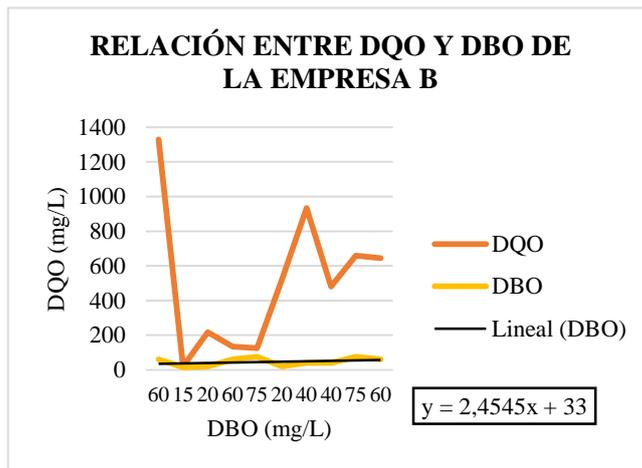
Tabla 18. Estimación de relación DBO/DQO con ajuste de DBO empresa A

DBO	DQO	DBO/DQO
40.000	112	0,357
91.402	321	0,285
398.608	1224	0,326
91.742	322	0,285
50.000	156	0,321
112.495	383	0,294
349.958	1081	0,324
152.299	500	0,305
154.000	505	0,305
88.000	311	0,283

Fuente: Los Autores

En la figura 4 se observa la relación de DQO y DBO de la empresa B que nos permite obtener la ecuación lineal de ajuste de los datos. Con la ayuda de la ecuación se simula un aumento de DBO, este aumento se traduce en una relación de DBO/DQO entre 0.38-0.75 aceptable para aguas biodegradables como se puede apreciar en la tercera columna de la tabla 19.

Figura 5. Relación entre DQO y DBO de la empresa B



Fuente: Los Autores

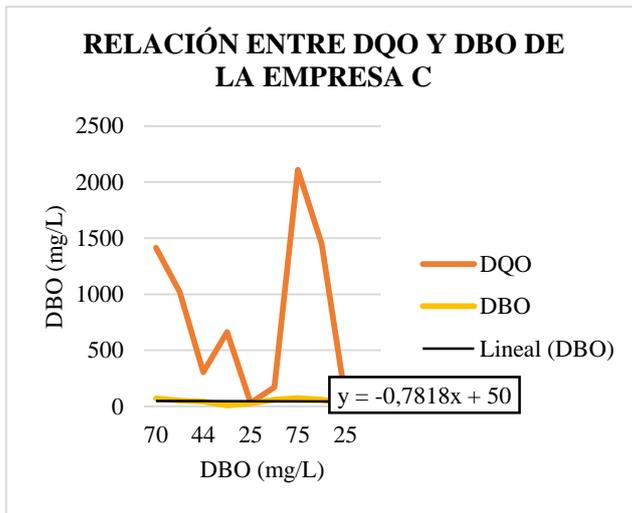
Tabla 19. Estimación de relación DBO/DQO con ajuste de DBO empresa B

DBO	DQO	DBO/DQO
528,010	1329	0,397
15,000	20	0,750
75,372	218	0,346
60,000	135	0,444
75,000	125	0,600
198,411	520	0,382
367,081	934	0,393
182,114	480	0,379
255,042	659	0,387
249,338	645	0,387

Fuente: Los Autores

En la figura 5 se observa la relación de DQO y DBO de la empresa C que nos permite obtener la ecuación lineal de ajuste de los datos. Con la ayuda de la ecuación se simula un aumento de DBO, este aumento se traduce en una relación de DBO/DQO entre 0.32-0.80 aceptable para aguas biodegradables como se puede apreciar en la tercera columna de la tabla 20.

Figura 6. Relación entre DQO y DBO de la empresa C



Fuente: Los Autores

Tabla 20. Estimación de relación DBO/DQO con ajuste de DBO empresa C

DBO	DQO	DBO/DQO
500	1414	0,353
350	1020	0,343
100	306	0,326
245	662	0,370
25	31	0,806
60	172	0,348
650	2109	0,308
450	1450	0,310
45	84	0,535
20	41	0,487

Fuente: Los Autores

Entre los principales aireadores utilizados comúnmente hay toberas, cascadas, canales inclinados, aireadores de bandejas, aireadores por difusores y aireadores mecánicos superficiales o sumergidos. La selección del tipo de aireador se deja a consideración de los propietarios.

Según (Muñoz, Lehmann, & Galán, 1996) el volumen de aire inyectado debe ser la cuarta parte del volumen de agua a tratar en la planta.

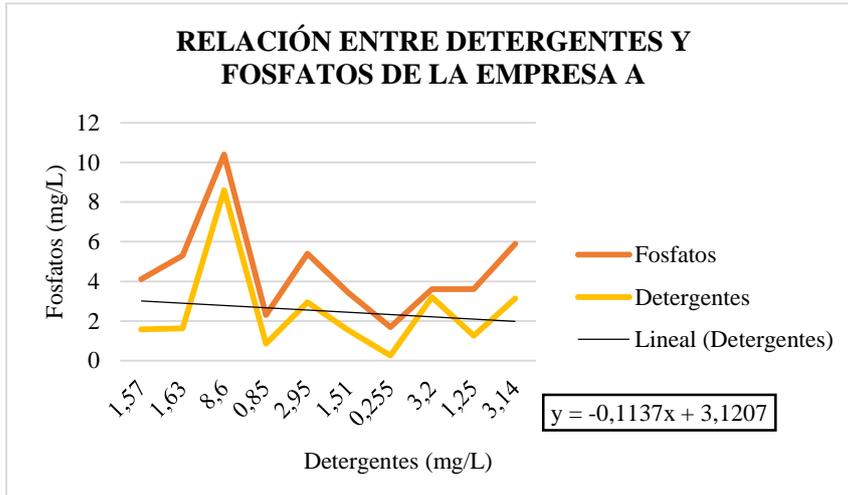
Control de Detergentes, nitratos, sulfatos y fosfatos

Para el control de los detergentes se sugiere el uso de carbón activado en polvo este tratamiento adicionalmente a de la remoción de detergentes cuenta con algunas ventajas más como: eliminación de color y olor, mejoramiento en la sedimentación de los sólidos, y adsorción para compuestos orgánicos disueltos como nitratos y sulfatos.

Según las curvas de simulación de datos Fosfatos vs Detergentes (Figuras 6, 7 y 8) se obtuvo ecuaciones lineales de ajuste de datos de las tres empresas donde se determinó

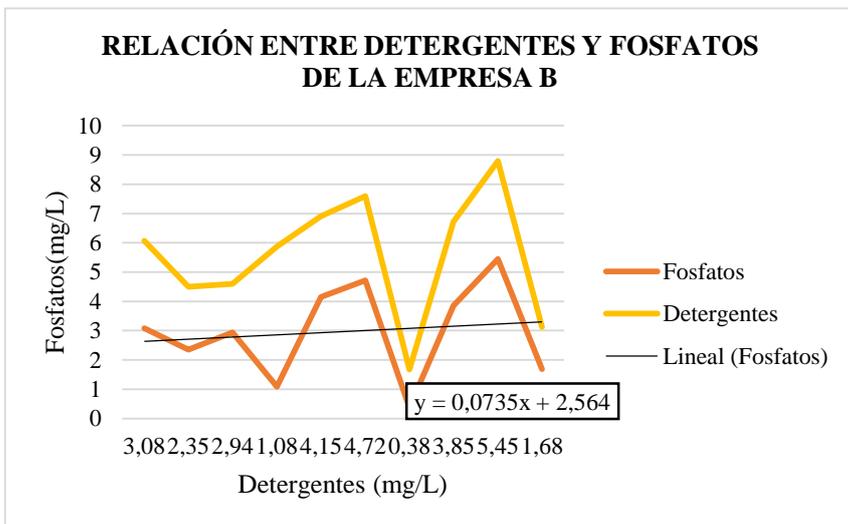
una relación directamente proporcional, es decir, al disminuir la concentración de fosfatos también disminuirá la concentración de detergentes que es lo que se quiere lograr con el carbón activado.

Figura 7. Relación detergentes y fosfatos empresa A



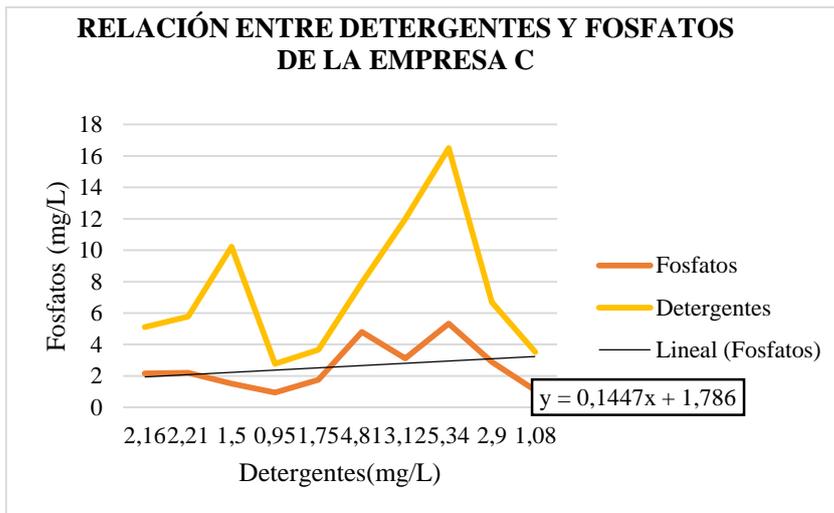
Fuente: Los Autores

Figura 8. Relación detergente y fosfatos empresa B



Fuente: Los Autores

Figura 9. Relación detergentes y fosfatos empresa C



Fuente: Los Autores

El proceso de adsorción realizado por el carbón activado favorece su disminución, se requiere una dosificación de 36 gr/m^3 para tratar efluentes industriales concentrados. (Hilleboe, 1995)

Medidas operativas

Tiempo de retención en los sistemas de tratamiento

Durante el periodo de muestreo en campo se notó que los tiempos de retención en las plantas de tratamiento son muy cortos y variaban según la producción de la empresa y la capacidad de los tanques, esto se pudo confirmar debido a las condiciones organolépticas del agua. El tiempo de retención debe ser lo suficientemente largo como para permitir el asentamiento de partículas con velocidad de asentamiento muy baja, este debe variar entre 24 y 48 horas.

Mantenimiento de los tanques

Un permanente mantenimiento de las plantas de tratamiento evita problemas de sobre contaminación del afluente y obstrucción y deterioro de tuberías. No se tiene un registro de los volúmenes de lodos previo a la disposición final. Para evitar estos inconvenientes se sugiere un mantenimiento que incluya lavado de tanques y evacuación completa de lodos semanal. Todas estas medidas traerán con ventajas: mejor conservación de los equipos, aumento de la calidad y productividad, disminución de paralizaciones imprevistas, disminución de gastos por reparación.

Dimensionamiento de los tanques sedimentadores

Tabla 21. Tabla de caudales y tiempos de retención estimados

EMPRESA	CAUDAL DE ENTRADA (m ³ /s)	TIEMPO DE RETENCIÓN (horas)
A	0,009417	4
B	0,0056796	3
C	0,0034822	3

Fuente: Los Autores

Fórmulas

Tabla 22. Tabla de fórmulas de dimensionamiento

Fórmulas	Interpretación
	A= Área (m ²)
$A = b \times L$	b = base (m)
	L = Largo (m)
	Q= Caudal (m ³ /s)
$Q = \frac{V}{t}$	V= Volumen (m ³)
	t = tiempo (s)
	V = Volumen (m ³)
$V = A \times h$	A= Área (m ²)
	h = altura (m)

Fuente: Los Autores

Empresa A

Cálculo de la altura propuesta de acuerdo al caudal medido en campo:

Datos

Tabla 23. Dimensiones empresa A

Tanque sedimentación	
L (m)	6,00
B (m)	6,00
H (m)	2.10
A _{real} (m ²)	18,00

Fuente: Los Autores

$$= \frac{Q \times t}{A}$$

$$h = \frac{0,009417 \frac{m^3}{s} \times 14400 \text{ s}}{36,00 \text{ m}^2} = 3,76 \text{ m}$$

$$h_{\text{propuesta}} - h_{\text{real}} = 3,76\text{m} - 2,10\text{m} = 1,66\text{m}$$

Empresa B

Cálculo de la altura propuesta de acuerdo al caudal medido en campo:

Datos

Tabla 24. Dimensiones empresa B

Tanque sedimentación	
L (m)	5,75
B (m)	2.82
H (m)	2.80
$A_{\text{real}} \text{ (m}^2\text{)}$	16,22

Fuente: Los Autores

$$h = \frac{Q \times t}{A}$$

$$h = \frac{0,0056796 \frac{m^3}{s} \times 10800 \text{ s}}{16,22 \text{ m}^2} = 3,78 \text{ m}$$

$$h_{\text{propuesta}} - h_{\text{real}} = 3,78\text{m} - 2,80\text{m} = 0,98\text{m}$$

Empresa C

Calculo de la altura propuesta de acuerdo al caudal medido en campo:

Datos

Tabla 25. Dimensiones Empresa C

Tanque sedimentación	
L (m)	3,03
B (m)	2,66
H (m)	2
$A_{\text{real}} \text{ (m}^2\text{)}$	8,05

Fuente: Los Autores

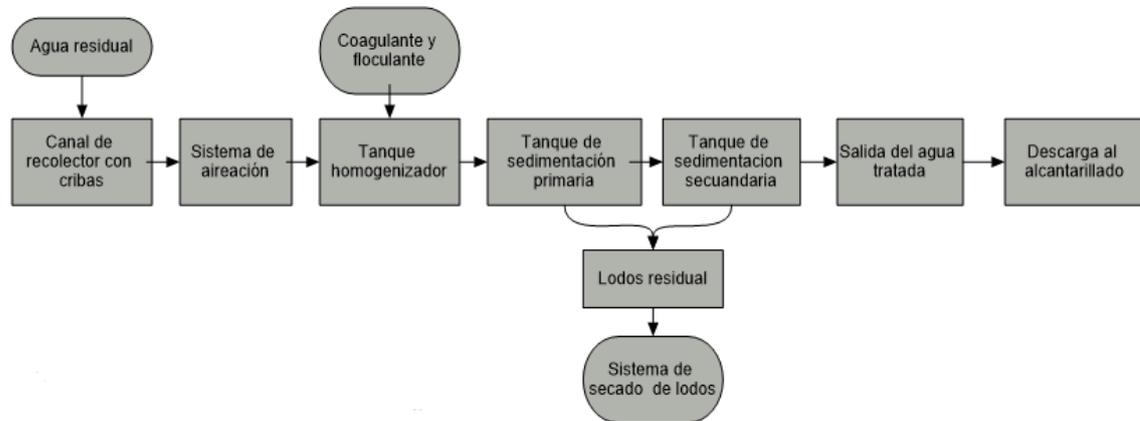
$$h = \frac{Q \times t}{A}$$

$$h = \frac{0,0034822 \frac{m^3}{s} \times 10800 \text{ s}}{8,05\text{m}^2} = 4,67\text{m}$$

$$h_{\text{propuesta}} - h_{\text{real}} = 4,67\text{m} - 2\text{m} = 2,67\text{m}$$

Operaciones unitarias mínimas para la actividad de lavado y tinturado de jeans

Figura 10. Modelo de operaciones unitarias para afluentes de lavado y tinturado de jeans



Fuente: Los Autores

En la figura 10 se presenta un diagrama con las operaciones unitarias mínimas estandarizadas para el tratamiento de agua residual de lavanderías y tintorerías de jeans, la planta debe contener lo siguiente:

- **Canal de recolector con cribas:** Es un tratamiento primario que busca remover la materia flotante como partículas diminutas de tela de jean que proviene del proceso de lavado y tinturado, el cual atraviesa por barrotes finas entre 0,5 y 1,5 de separación
- **Sistema de aireación:** Son equipos utilizados en el tratamiento de efluentes residuales para el suministro de oxígeno para poder mantener vivas las bacterias encargadas de degradar la materia orgánica en los procesos de lodos activados, es decir disminuir la DQO y mantener la DBO.
- **Tanque homogeneizador:** Esta unidad se encarga de recibir las fluctuaciones del afluente, es decir con cuatro cargas de 25 metros cúbico, que proviene agua residual dosificado con coagulante (sulfato de aluminio) y floculante (policloruro de aluminio), con el propósito de almacenar un volumen de equilibrio para asegurar un caudal constante en los próximos tratamientos.

- Tanque de sedimentación primaria y secundario: Su objetivo es reducir los sólidos suspendidos provenientes de los floculantes de acuerdo a un tiempo de reposo estimado se obtendrá el asentamiento de dichos floculantes.
- Sistema secado de lodos: Es un tanque de hormigón armado en el interior se colocará arena que permitirá que el lixiviado se dirija hacia una tubería que conducirá el lixiviado a un tanque recolector, este lixiviado ingresara nuevamente al sistema de tratamiento del agua residual. El secado se da mediante la evaporación del agua que existe en los lodos, a través del contacto con la temperatura ambiente y finalmente se recolecta los lodos en sacos para entregar al relleno sanitario de la ciudad.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Dentro de los procesos de lavado y tinturado de jean se consumen alrededor de 80 litros por prenda (Torres, 2012), es decir en el caso de estudio durante el periodo de muestreo (Julio-Agosto) se determinó que aproximadamente se utilizan $6747.04 \frac{m^3}{mes}$ (empresa A), $5499.44 \frac{m^3}{mes}$ (empresa B), $3787.44 \frac{m^3}{mes}$ (empresa C), viéndolo desde otra perspectiva según la OMS una persona para sus actividades diarias necesita un promedio mensual de agua de $3 \frac{m^3}{mes}$; la empresa C consume aproximadamente la misma cantidad de agua que necesita una persona en un mes, las empresas A y B consumen la cantidad de agua que dos personas necesitan en un mes; esto refleja lo que ya se ha venido mencionando a lo largo de toda la investigación, el componente agua es uno de los elementos más usados dentro de esta actividad y por ende el más afectado como se indica en la tabla 2 que describe los impactos de la actividad.
- El proceso que tiene altas concentraciones de color es el tinturado donde sus valores fluctúan entre 1250 PtCo y 14500 PtCo, también se identificaron altas concentraciones de sólidos disueltos en concentraciones entre 922 mg/L y 1390 mg/L. existen procesos que presentan mayor carga contaminante que otros como en el caso del neutralizado donde el color es inapreciable y el tinturado donde hay altas concentraciones de color por el uso de colorantes.

- La alta presencia de detergentes corrobora la presencia de sólidos disueltos, en este caso los principales componentes de los detergentes: nitratos y fosfatos, estos favorecen al proceso de eutrofización de las aguas dentro de los tanques, que se refleja con la presencia de algas y malos olores. Los valores de detergentes fluctúan entre: A (0.26mg/L-8.6mg/L) B (1.08 mg/L - 5.45 mg/L) C (0.95 mg/L -4.81 mg/L)
- La evaluación del grado de eficiencia se realizó por parámetro monitoreado en donde se determinó que las plantas de tratamiento son eficientes para algunos parámetros y para otros no. En parámetros como: sulfatos, detergentes, conductividad y DBO se obtuvo eficiencias menores al 60% es decir eficiencias bajas en las tres empresas mientras que en parámetros como: aceites y grasas ,color y solidos suspendidos totales se observó eficiencias altas es decir mayores el 60% en las tres empresas y para el resto de parámetros DQO, fosfatos, nitratos y sólidos disueltos se observó variaciones de eficiencias, mayores al 60% en las empresas B y C, pero siempre menores a 60% en la empresa A.
- De acuerdo al dimensionamiento, se calculó las alturas de los sedimentadores de cada planta de según el área y caudal obtenida en campo, en la empresa A se estima aumentar 1, 66m, en la empresa B aumentaría 0,98m y la empresa C aumentaría 2,67m. Los cálculos estimados son propuestas para mejorar la eficiencia de la planta con un tiempo de retención adecuada.
- El promedio general de eficiencias de las tres empresas determinó que ninguna de ellas cuenta con una eficiencia óptima puesto que no superan el 60% establecido teóricamente, esto no necesariamente indica que las plantas de tratamiento estén mal diseñadas puesto que la eficiencia está estrechamente ligada a otro tipo de variables que también intervienen en el proceso de depuración del afluente como: tiempos de retención, mantenimiento y concentración del contaminante.
- En algunos de los resultados de laboratorio se obtuvo concentraciones de salida mayores a las de entrada, resultados que no indican en todos los casos una mala toma de muestra puesto que el monitoreo se realizó previo a una caracterización de campo en donde se evidenció el inadecuado manejo de las plantas de tratamiento, se observó principalmente que no se consideran tiempos de retención adecuados para el afluente, esto se debe principalmente a que mientras más producción tenga la empresa, se

genera mayor caudal y menora el tiempo de retención en los tanques, lo que afecta a la eficiencia.

- El mantenimiento adecuado de las plantas de tratamiento también influye en el proceso de depuración de las aguas residuales, las empresas A y B realizan su limpieza una vez por semana mientras que la C lo realiza una vez al mes, estas actividades no siempre se cumplen con la misma periodicidad lo cual se convierte en un problema que interfiere en el correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento puesto que el lodo presente en el fondo de los tanques sedimentadores contiene concentraciones tóxicas que contaminan más el agua a tratar, la larga permanencia de dichos lodos en los tanques también puede provocar obstrucciones y corrosión en el sistema de tuberías.
- En el análisis de laboratorio de la DBO5 se notaron resultados demasiado bajos en comparación con la DQO lo que nos indica según la relación DBO5/DQO que la calidad del agua no es apta para el desarrollo de actividad biológica debido a la naturaleza del afluente.
- En la correlación se puede observar algunos valores atípicos, que se presentan debido a diferentes factores como error en la toma de muestra, influencia de las condiciones del medio y mal procesamiento de la muestra de laboratorio, sin embargo, en la mayoría de los casos los comportamientos de los datos tienen una buena correlación que indica la relación entre un parámetro y otro y la autenticidad de los datos
- Mediante la obtención de ecuaciones lineales de ajuste para DBO y DQO, se estableció una simulación de incremento de DBO5 en donde se pudo evidenciar el ajuste de relación DBO/DQO convirtiendo el agua residual de poco biodegradable a biodegradable. Para el incremento de DBO se establece como propuesta el acople de un sistema de aireación a las plantas de tratamiento.
- En la obtención de ecuaciones lineales de ajuste para detergentes y fosfatos, se estableció una relación directamente proporcional, al disminuir fosfatos disminuimos la concentración de detergentes que es uno de los parámetros más importantes que esta fuera de los límites permisibles, para la reducción de fosfatos se propone el uso de carbón activado en los sistemas de tratamiento.

8.2. Recomendaciones

- El presente estudio permite obtener solamente una visión general de la situación actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria de lavado y tinturado de jeans y las condiciones de sus efluentes que implica una descripción de sus condiciones en el periodo de estudio y que puede servir como referente para estudios más amplios, puesto que para tener un diagnóstico más profundo se requiere considerar las diferentes condiciones climáticas y la variación en las actividades productivas en el año que van a influir en la calidad del efluente.
- Una adecuada gestión ambiental demanda la participación de diversos actores que aporten a la implementación de sistemas y procesos más amigables con el ambiente. El rol normativo de la autoridad ambiental le compromete a buscar mecanismos y estrategias para lograr el cumplimiento de la normativa, una de esas estrategias puede ser las alianzas con las universidades y centros de investigación que generen información de calidad y propuestas científico tecnológicos para una gestión ambiental integral. Del mismo modo la empresa privada a través de la realización de pasantías, tesis de grado, investigaciones y eventos de capacitación puede encontrar un aliado importante en las instituciones de educación superior.
- Se sugiere a la autoridad ambiental considerar al color dentro de su lista de parámetros a monitorear debido a que a pesar de no tratarse de agua para el consumo humano su disposición a largo plazo son los ríos del sector y la alta presencia de este parámetro como se refleja en los análisis de laboratorio a pesar de no influenciar en las condiciones químicas del agua tiene influencia directa en el nivel de percepción de la comunidad y al paisaje.
- Se recomienda a la autoridad ambiental que durante el monitoreo semestral obligatorio de aguas residuales la toma de muestra se haga en presencia de un técnico delegado del GADP-Tungurahua y que dentro de este monitoreo también se considere como parámetro importante y obligatorio el cálculo de la eficiencia de la planta de tratamiento.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Cahuana y Yugar. (2009). *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-23*. Cochabamba: Universidad Mayor San Simon.
- Adam y Jim. (2012). *Nitrato y Nitrito*. Madrid: Universidad Estatal de Montana.
- Angulo, L. (2012). *Analisis del cluster textil en el Perú*. Lima: Tesis Digital UNMSM.
- APHA, AWWA y WPCF. (2010). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables* y. Diaz de Santos.
- Barrera, C. (2015). *Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la lavandería "Procesos Textiles Llerena"*. Riobamba: ESPOCH.
- CEPIS. (2010). *Determinación del grado de eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales- Hoja Técnica*. San Jose: ANDESAPA.
- CONAGUA. (2011). *Sistema de tratamiento de aguas residuales*. Ciudad de México: Interapas.
- Corantioquia. (2014). *Manual Piraguero Medicion de Caudal*. Medellín : Actúa.
- Dirección General de Salud Ambiental de Perú. (2011). *Parametros Organolepticos*. Lima: Ministerio de Salud Perú.
- Eaton, A., Clesceri, L., Rice, E., & Greenberg, A. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Unites States: American Public Health Association.
- Fergusson, S. (2015). Garment-finishing techniques. . En *Garment Manufacturing Technology* (págs. 387-404). Cambridge: Elsevier.
- GAD-Pelileo. (2016). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton San Pedro de Pelileo*. Pelileo.
- Hilleboe, H. (1995). *Manual de tratamiento de aguas*. Mexico: Limusa.
- Jaramillo, V. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental de la Lavandería López Llerena*. Pelileo: GADPelileo.

- Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, 22-26.
- Keane y Wilem te Velde. (2008). *The roles of tectile and clothing industies in growth and development strategies*. ODI.
- Lahera, R. (2010). *INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE: LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Toluca, México: Quivera.
- Lavagnino, H. (2016). *Eficiencia en la Remoción de Contaminates de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Rafael Landívar*. Guatemala: Universidad Rafael Lándivar.
- Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Lopez, R. (2007). *Tratamiento de Aguas Residuales en lavanderías textiles*. Riobamba.
- MAE. (23 de Abril de 2015). *Acuerdo ministerial No. 061*. Obtenido de http://insigma.com.ec/wp-content/uploads/2015/03/23-04-2015_Acuerdo_Ministerial_061-.pdf
- Martinuzzi A., Kudlak, R., Faber, C., Wiman, A. (2011). *CSR Activities and Impacts of the Textiles Sector*. Wirtschatfs University.
- Mayorga, G. (2014). *Optimización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa TintexRiver*. Riobamba: ESPOCH.
- Muñoz, A., Lehmann, & Galán, P. (1996). *Manual de Depuración Uralita*. Madrid: Paraninfo.
- N. Tufekci, N. Sivri, I. Toroz. (2009). *Pollutants of Textile Industry Wastewater and Assessment of its Discharge Limits by Water Quality Standards*. Turkiye: Istanbul Technical University.
- Neşe, T., Sivri, N., & Toroz, İ. (2007). Pollutants of Textile Industry Wastewater and Assessment of its Discharge. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 97-103.

- Ordoñez, J. (2016). *Identificación de los principales impactos generados por la industria de textiles: caaso fabricacion de jeans, en el cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Ordoñez, M. (2014). *La conyuntura actual del sector textil ecuatoriano , una vision macroeconomica y desde sus actores*. Quito: Asociación de Industriales Textiles del Ecuador.
- Ordoñez, M. (2016). *Identificacion de los principales impactos generados por la industria de textiles: Caso fabricacion de jeans, en el canton San Pedro de Pelileo*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Pineda, T. (2013). *Plan de Prevención de Riesgos Laborales y Salud Ocupacional en la Empresa de Lavado Textil Chelo's de la Viudad de Pelileo* . Riobamba: ESPOCH.
- Ramalho, & Rubens. (2011). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Quebec: Reverté.
- Rodriguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Juana, S. (2006). *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales* . Madrid: CEIM.
- Rodriguez, L., & Morales, J. (2011). Contaminación e Internalización de Costos en la Industria Textil . *Internatiinal Journal of Social Sciencies of Humanities*, 143-169.
- Santamaria, F. (2012). *El proceso de produccion y su incidencia en la calidad de servicio de lavado y tinturado de jeans de la empresa Sunnytec Ecuador S.A. de la ciudad de Pelileo*. Ambato: UTA.
- SEGOL. (2014). *Condetalles y Colores Lavandería Estudio de Impacto Ambiental Ex-Post*. Pelileo: Seguridad Industrial y Ambiente en petróleo.
- Severiche, C. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua. Evaluación y Diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Torres, C. (2012). *Estudio de impacto ambiental ex-post para la industria textil del canton Pelileo-provincia de Tungurahua*. Pelileo.

Ulson, A., Pellegrini, F., y Arruda, S. (2010). *The modified water source diagram method applied to reuse of textile industry continuous washing water*. El Sevier.

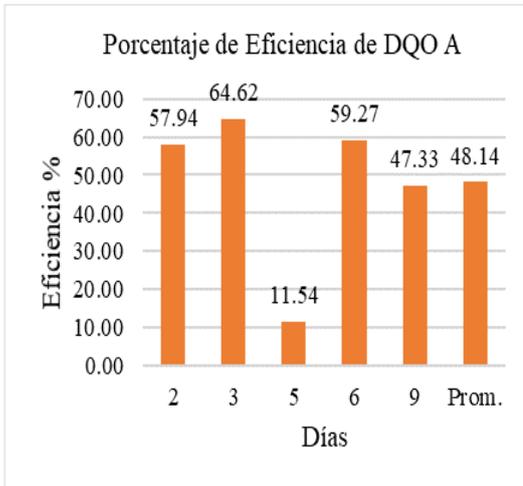
Vicunha Textil. (2010). *Diagnostico de las lavanderias textiles en Pelileo*. Pelileo: P.P.

10. ANEXOS

10.1. ANEXO 1. EFICIENCIA DE LAS PLANTAS

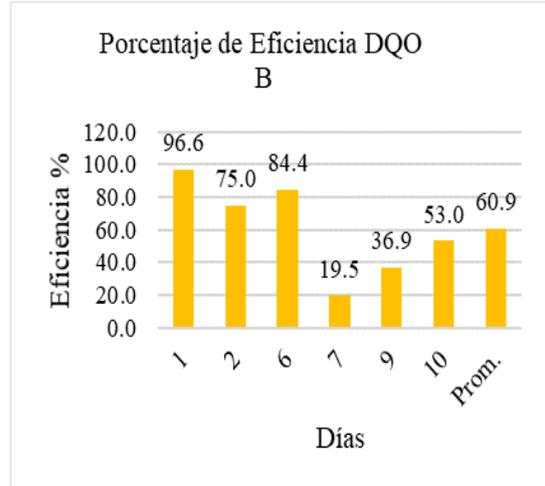
10.1.1. Resultados de eficiencia DQO

Figura 11. Eficiencia DQO Empresa A



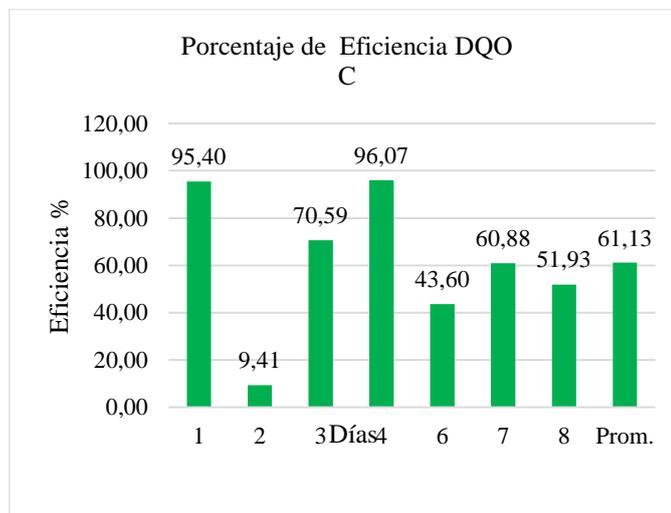
Fuente: Los Autores

Figura 12. Eficiencia DQO Empresa B



Fuente: Los Autores

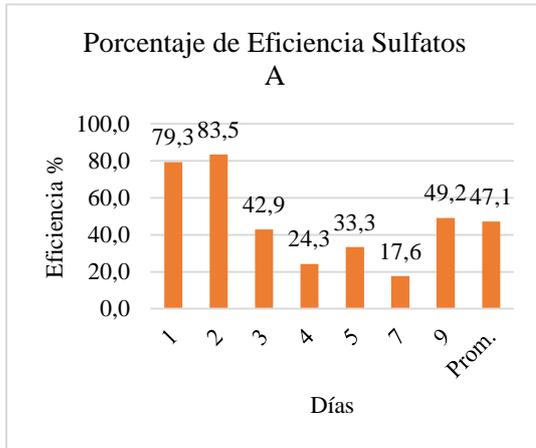
Figura 13. Eficiencia DQO Empresa C



Fuente: Los Autores

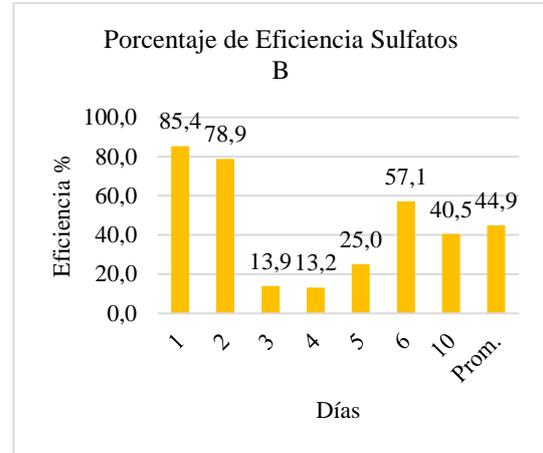
10.1.2. Resultados de eficiencia Sulfatos

Figura 14. Eficiencia de Sulfatos empresa A



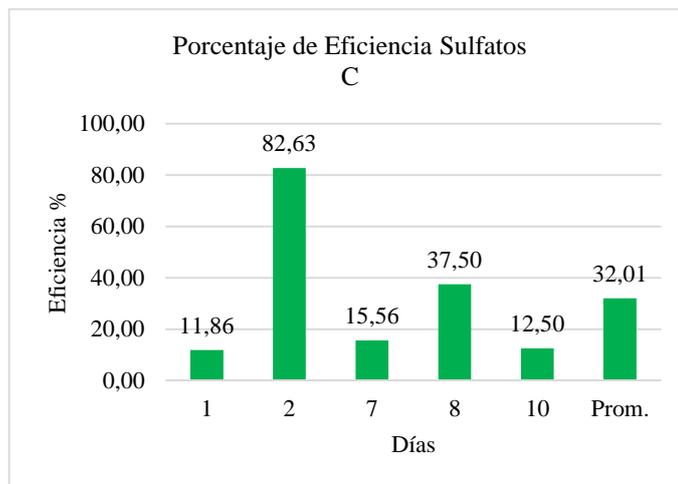
Fuente: Los Autores

Figura 15. Eficiencia de Sulfatos empresa B



Fuente: Los Autores

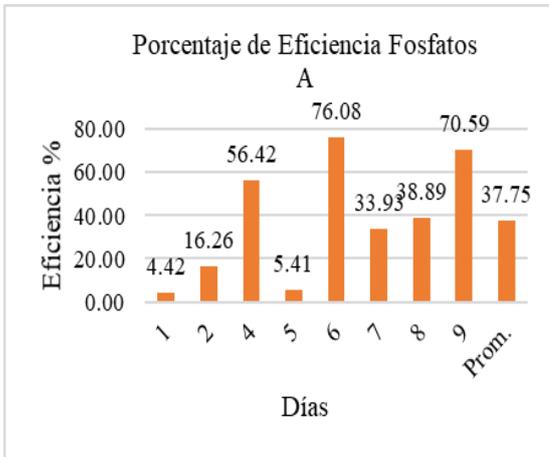
Figura 16. Eficiencia de Sulfatos empresa C



Fuente: Los Autores

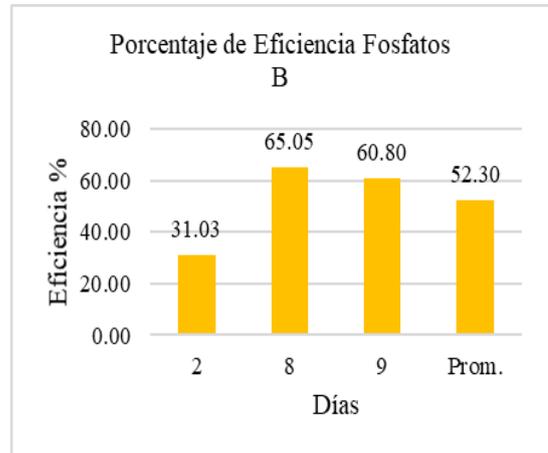
10.1.3. Resultados de eficiencia Fosfatos

Figura 17. Eficiencia de Fosfatos empresa A



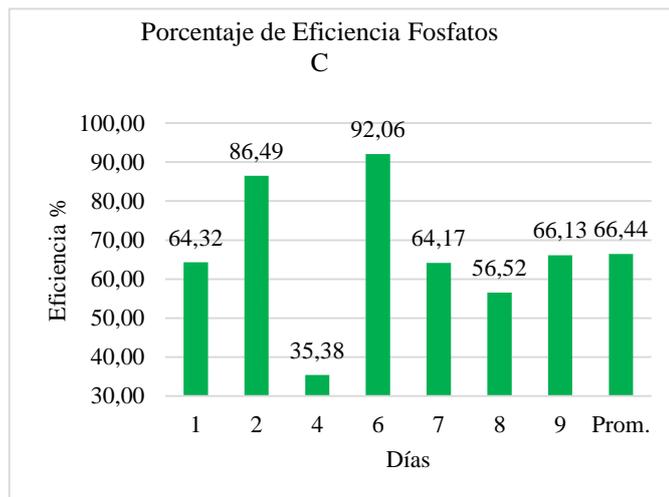
Fuente: Los Autores

Figura 18. Eficiencia de Fosfatos empresa B



Fuente: Los Autores

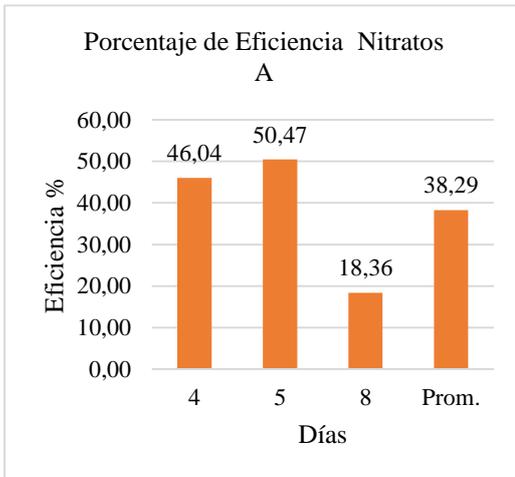
Figura 19. Eficiencia de Fosfatos empresa C



Fuente: Los Autores

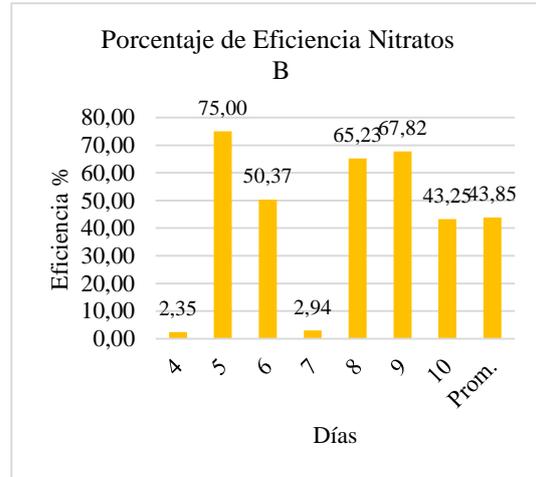
10.1.4. Resultados de eficiencia Nitratos

Figura 20. Eficiencia de Nitratos empresa A



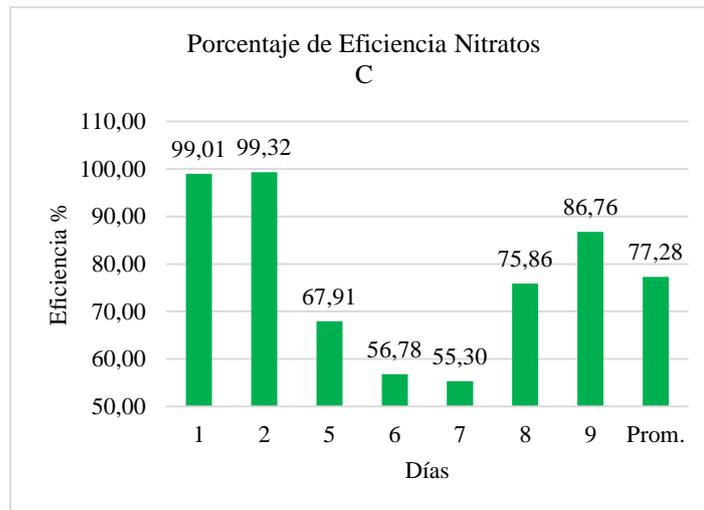
Fuente: Los Autores

Figura 21. Eficiencia de Nitratos empresa B



Fuente: Los Autores.

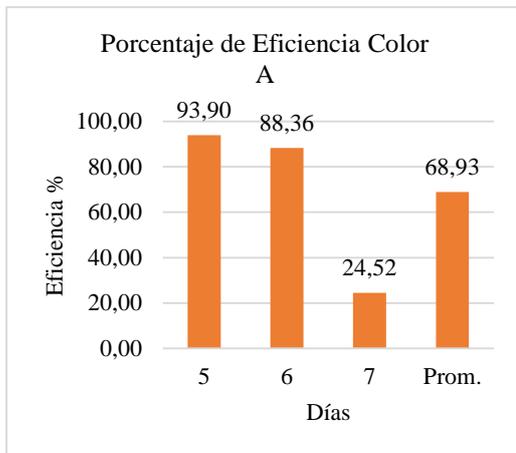
Figura 22. Porcentaje de eficiencia Nitratos empresa C



Fuente: Los Autores

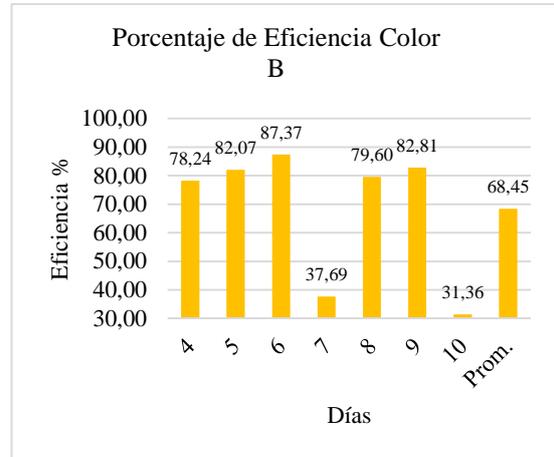
10.1.5. Resultados de eficiencia Color

Figura 23. Porcentaje de eficiencia Color empresa A



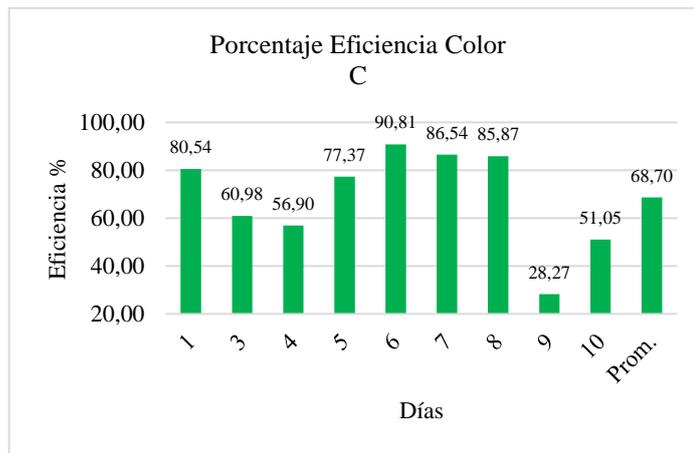
Fuente: Los Autores

Figura 24. Porcentaje de eficiencia Color empresa B



Fuente: Los Autores

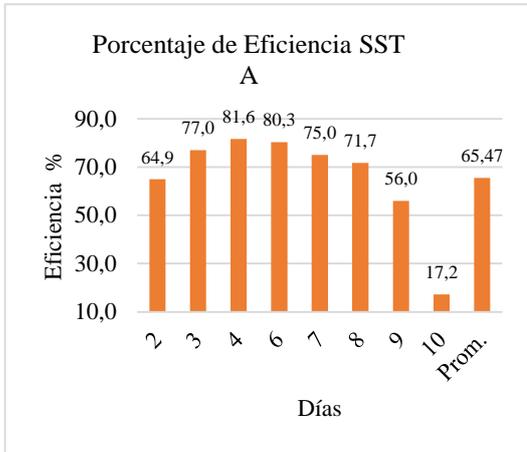
Figura 25. Porcentaje de eficiencia Color empresa C



Fuente: Los Autores

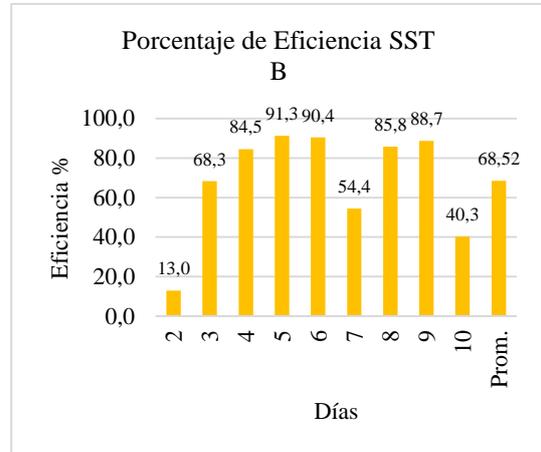
10.1.6. Resultados de eficiencia Sólidos Suspendidos Totales

Figura 26. Porcentaje de eficiencia SST empresa A



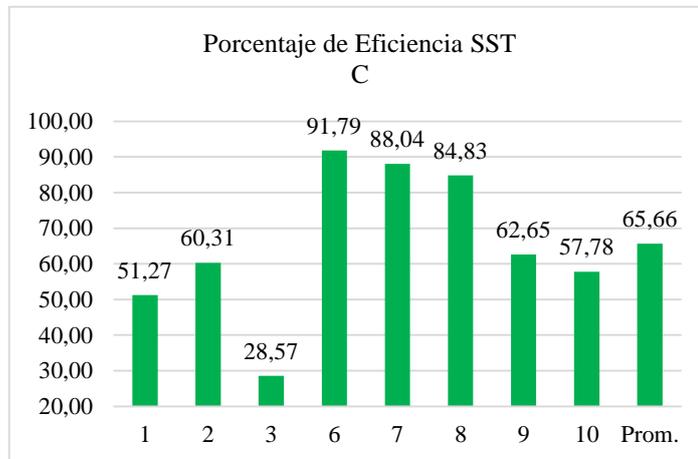
Fuente: Los Autores

Figura 27. Porcentaje de eficiencia SST empresa B



Fuente: Los Autores

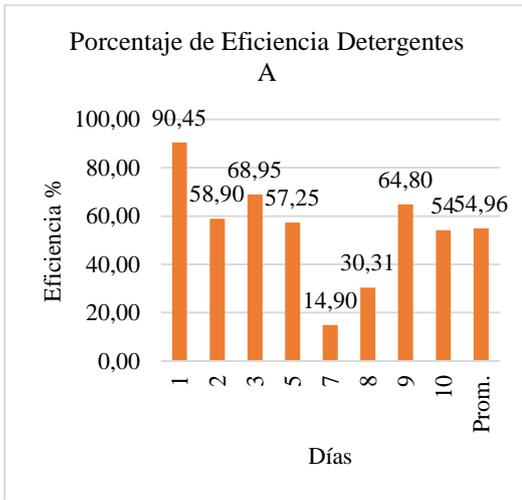
Figura 28. Porcentaje de eficiencia SST empresa C



Fuente: Los Autores

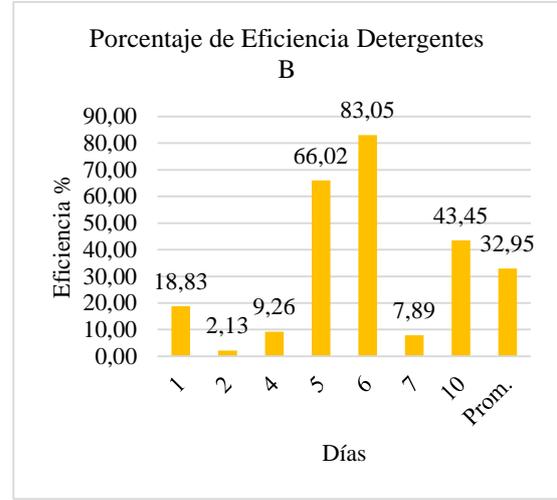
10.1.7. Resultados de eficiencia Detergentes

Figura 29. Porcentaje de eficiencia Detergentes empresa A



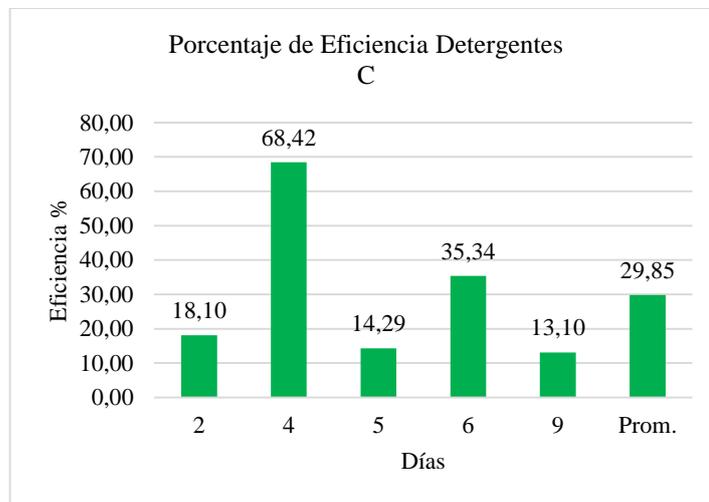
Fuente: Los Autores

Figura 30. Porcentaje de eficiencia Detergentes empresa B



Fuente: Los Autores

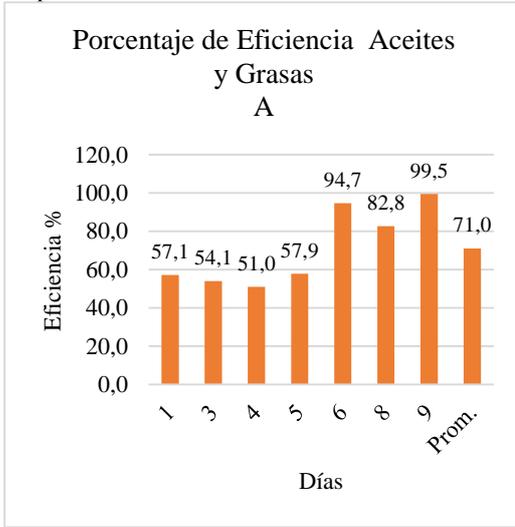
Figura 31. Porcentaje de eficiencia Detergentes empresa C



Fuente: Los Autores

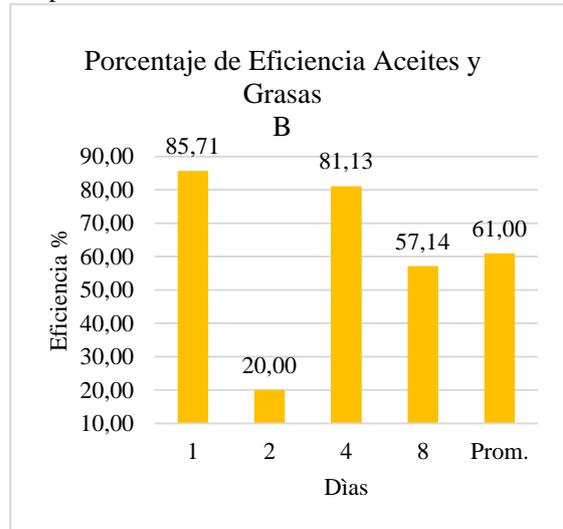
10.1.8. Resultados de eficiencia Aceites y Grasas

Figura 32. Porcentaje de eficiencia Ac.grasas empresa A



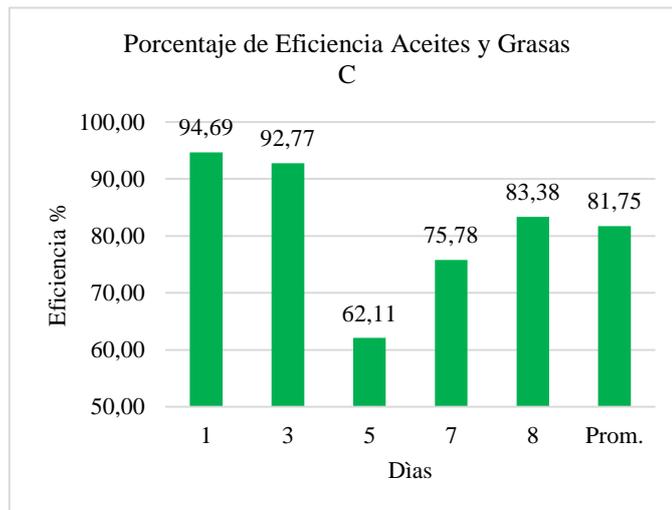
Fuente: Los Autores

Figura 33. Porcentaje de eficiencia Ac.grasas empresa B



Fuente: Los Autores

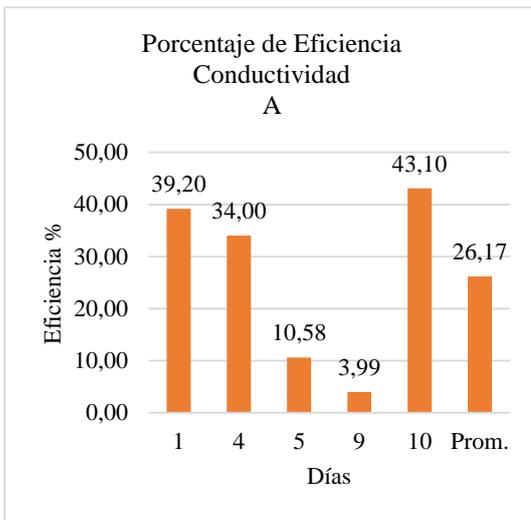
Figura 34. Porcentaje de eficiencia Ac.grasas empresa C



Fuente: Los Autores

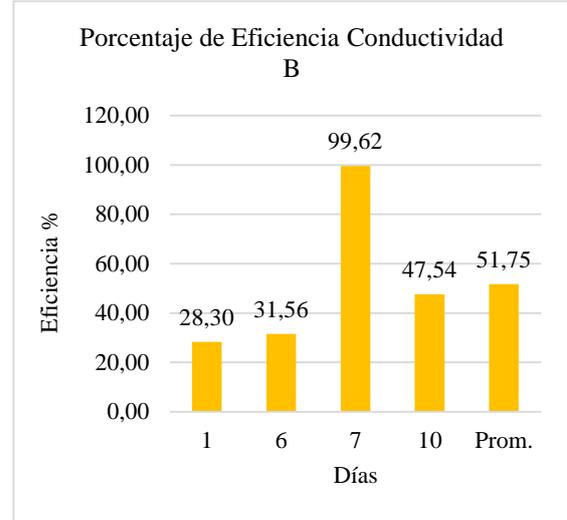
10.1.9. Resultados de eficiencia Conductividad

Figura 35. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa A



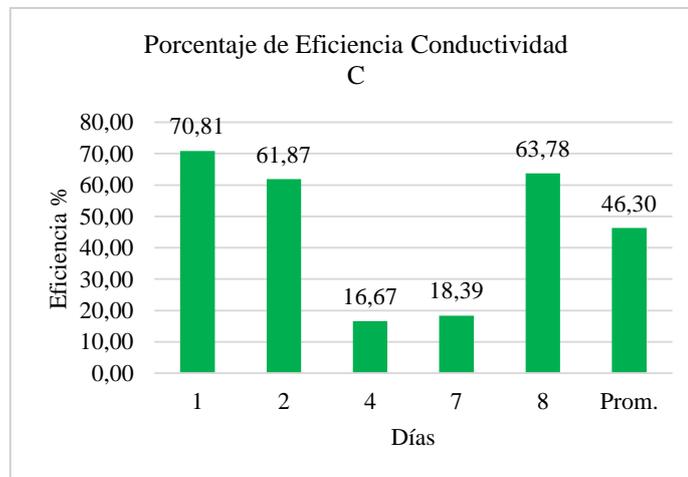
Fuente: Los Autores

Figura 36. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa B



Fuente: Los Autores

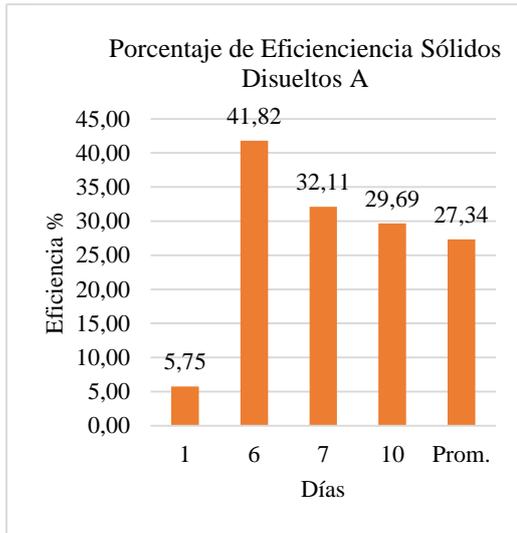
Figura 37. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa C



Fuente: Los Autores

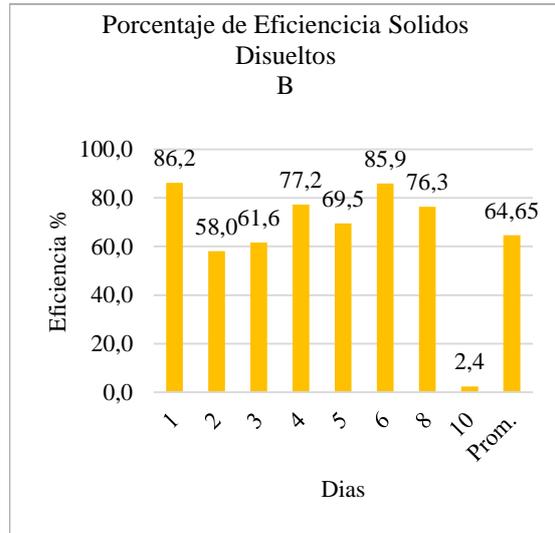
10.1.10. Resultados de eficiencia Solidos Disueltos

Figura 38. Porcentaje de eficiencia SD empresa A



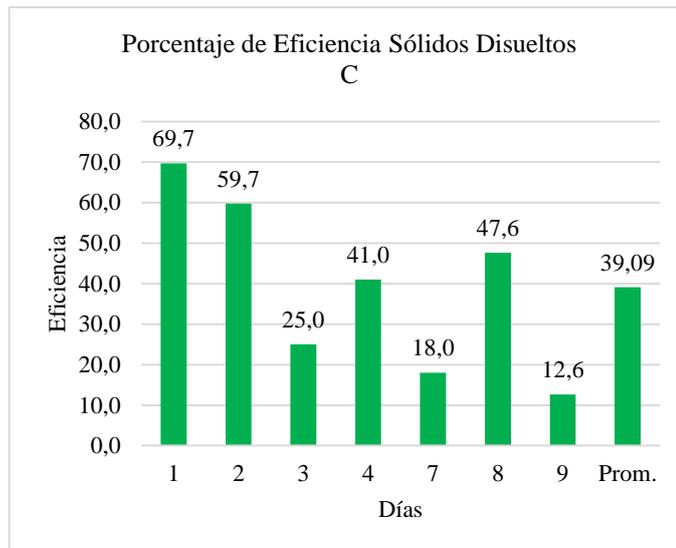
Fuente: Los Autores

Figura 39. Porcentaje de eficiencia SD empresa B



Fuente: Los Autores

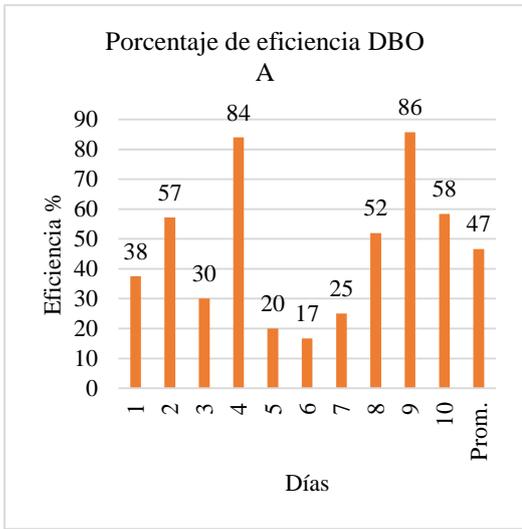
Figura 40. Porcentaje de eficiencia Conductividad empresa C



Fuente: Los Autores

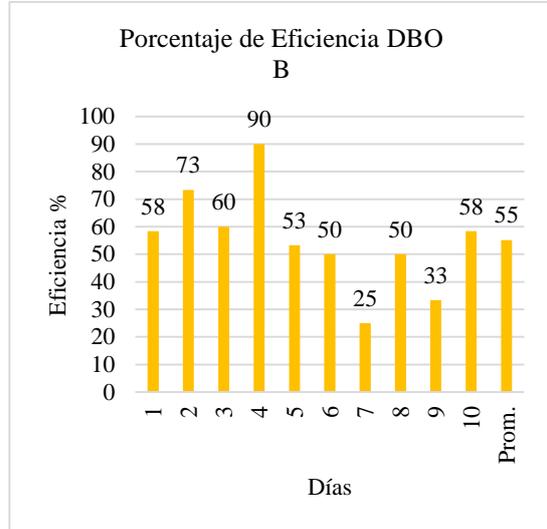
10.1.11. Resultados de eficiencia DBO

Figura 41. Porcentaje de eficiencia DBO empresa A



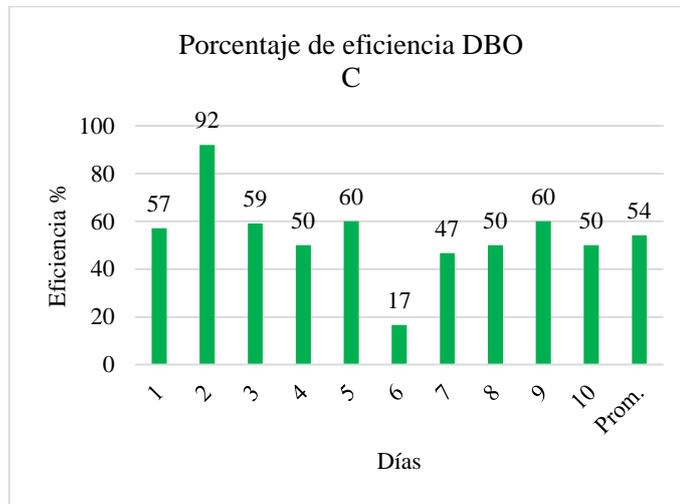
Fuente: Los Autores

Figura 42. Porcentaje de eficiencia DBO empresa B



Fuente: Los Autores

Figura 43. Porcentaje de eficiencia DBO empresa C

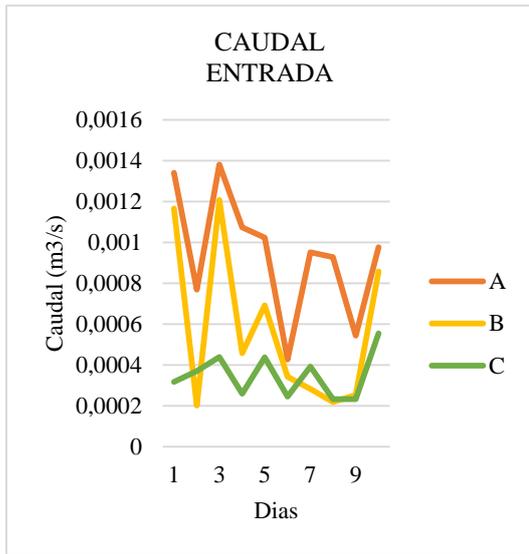


Fuente: Los Autores

10.2. ANEXO 2. DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

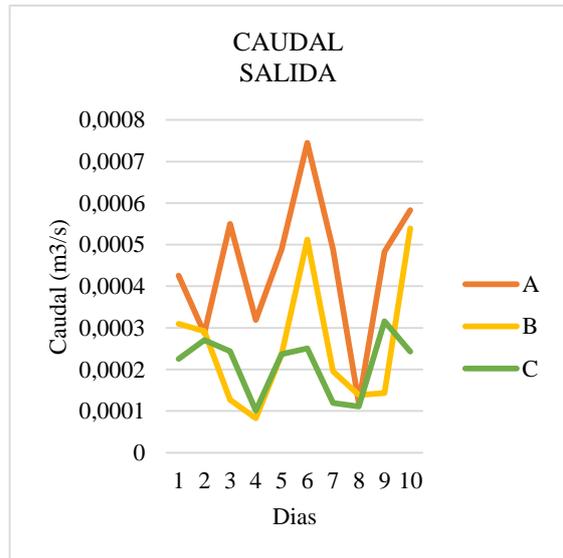
10.2.1. Caudal

Figura 44. Valores de caudal de entrada en las empresas



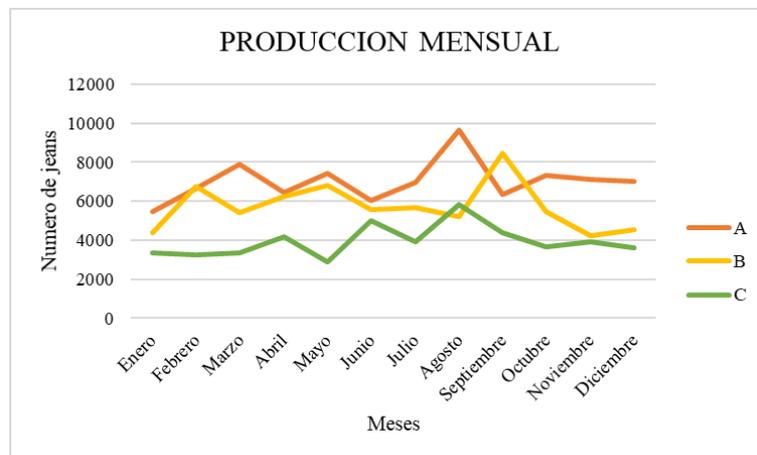
Fuente: Los Autores

Figura 45. Valores de caudal de salida en las empresas



Fuente: Los Autores

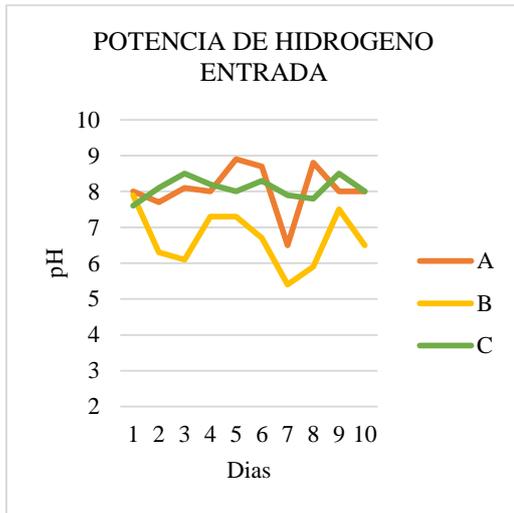
Figura 46. Producción mensual de prendas de jeans de las empresas



Fuente: Los Autores

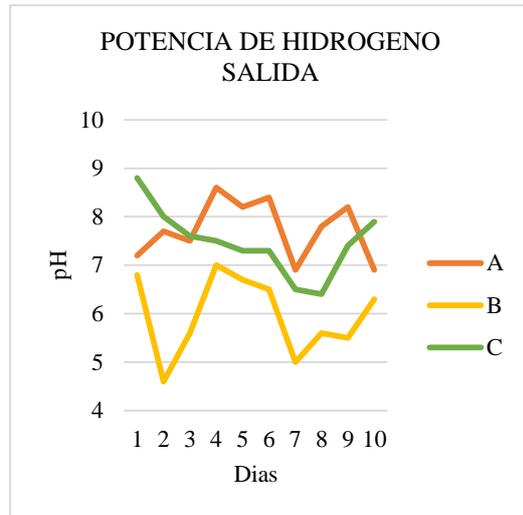
10.2.2. Potencia de hidrogeno (pH)

Figura 47. Valores de potencial de hidrogeno de entrada en las empresas



Fuente: Los Autores

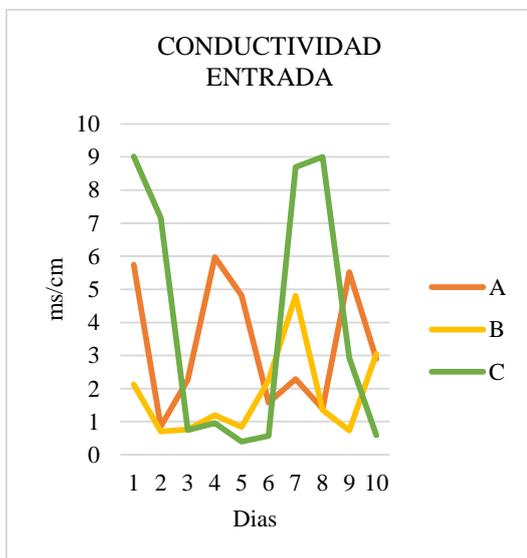
Figura 48. Valores e potencial de hidrogeno de entrada en las empresas



Fuente: Los Autores

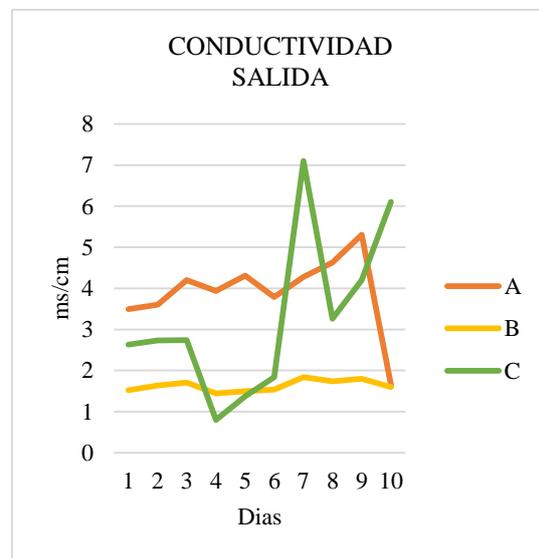
10.2.3. Conductividad

Figura 49. Valores de conductividad de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

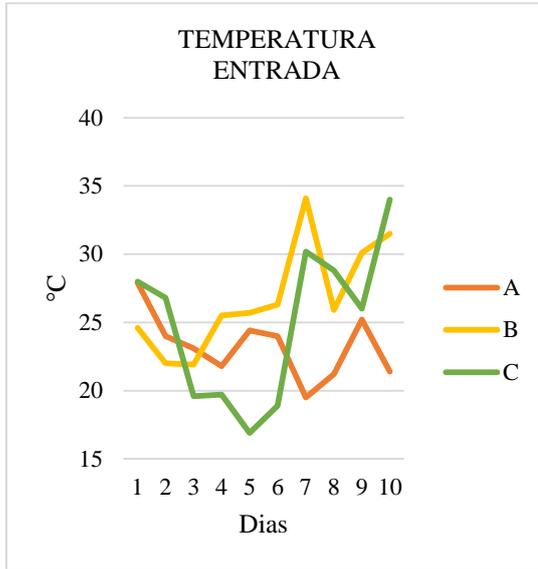
Figura 50. Valores de conductividad de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

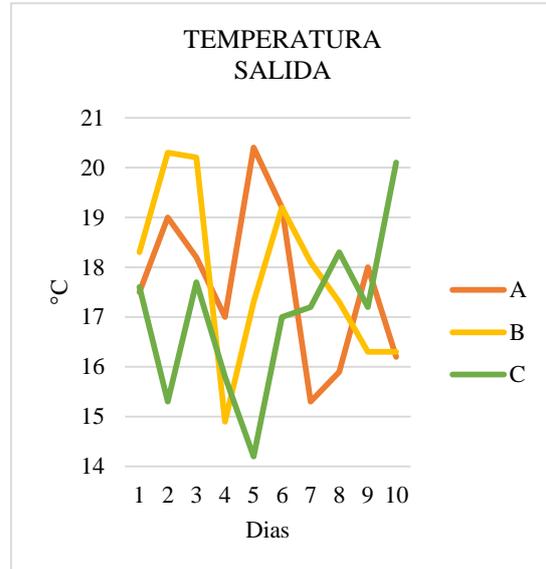
10.2.4. Temperatura

Figura 51. Valores de temperatura de entrada en las empresas



Fuente: Los Autores

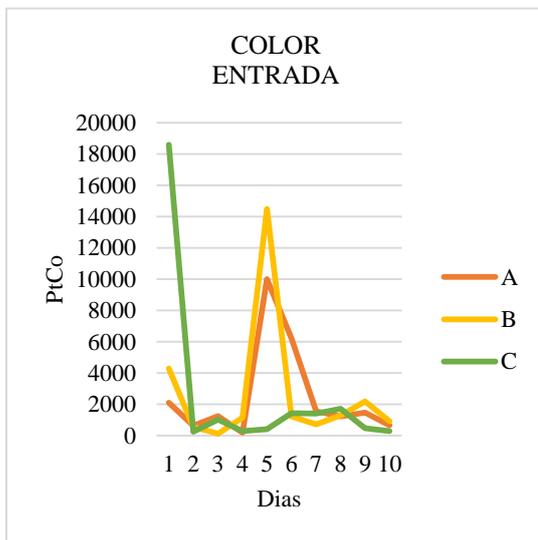
Figura 52. Valores de temperatura de salida en las empresas



Fuente: Los Autores

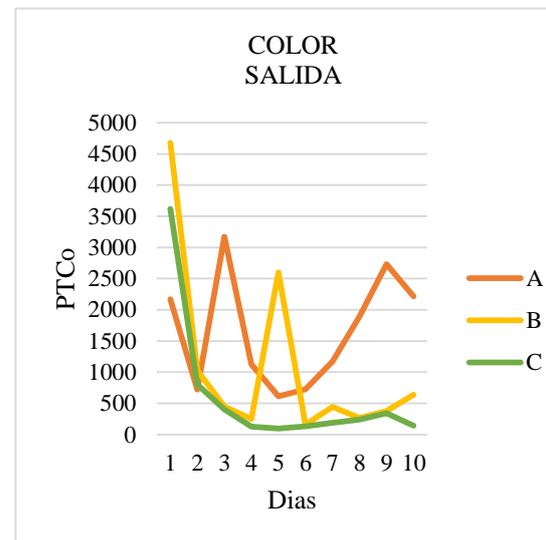
10.2.5. Color

Figura 53. Valores de color de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

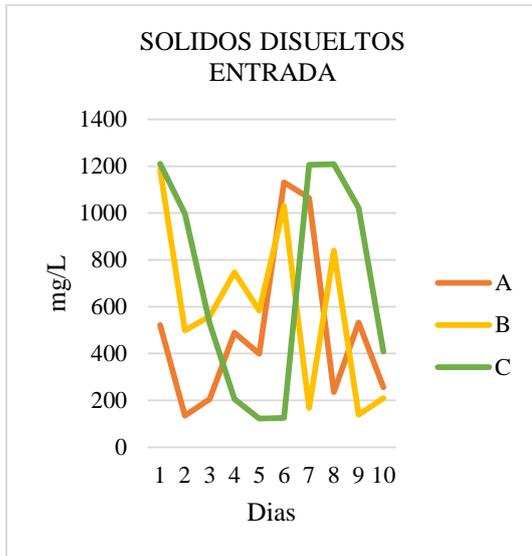
Figura 54. Valores de color de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

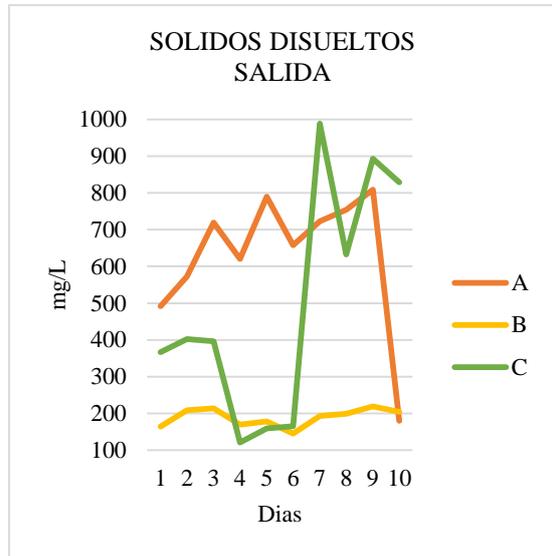
10.2.6. Solidos disueltos totales

Figura 55. Valores de solidos disueltos totales de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

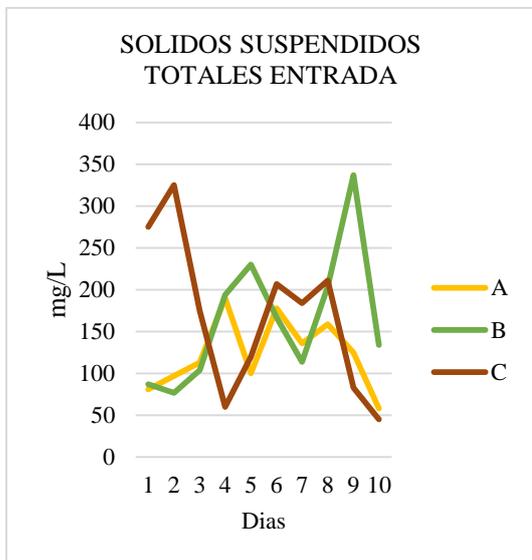
Figura 56. Valores de solidos disueltos totales de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

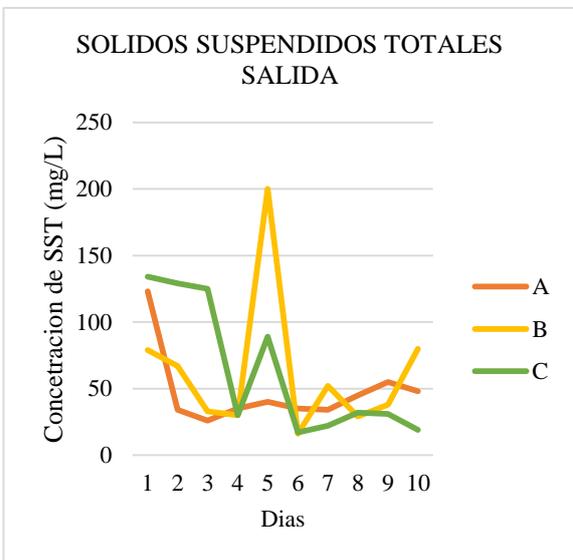
10.2.7. Solidos suspendidos totales

Figura 57. Valores de solidos suspendidos totales de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

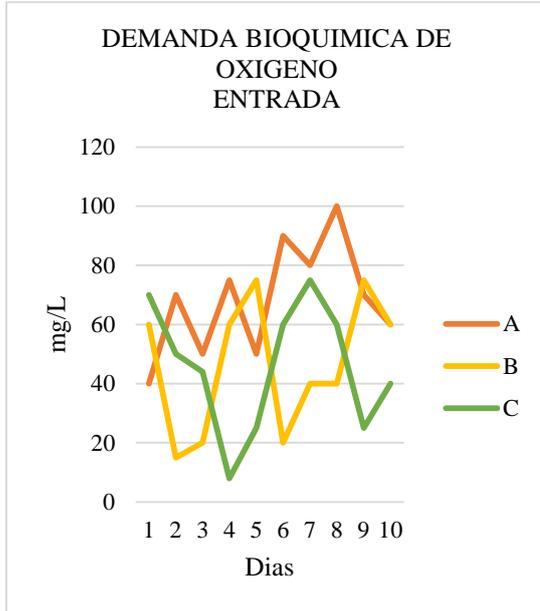
Figura 58. Valores de solidos suspendidos totales de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

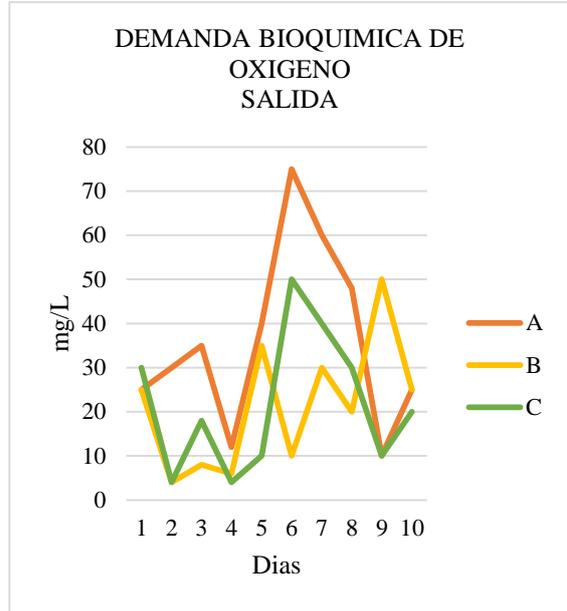
10.2.8. Demanda bioquímica de oxígeno

Figura 59. Valores de DBO5 de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

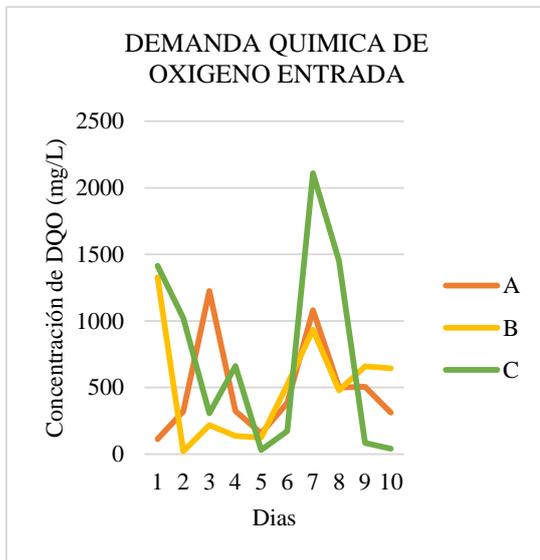
Figura 60. Valores de DBO5 de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

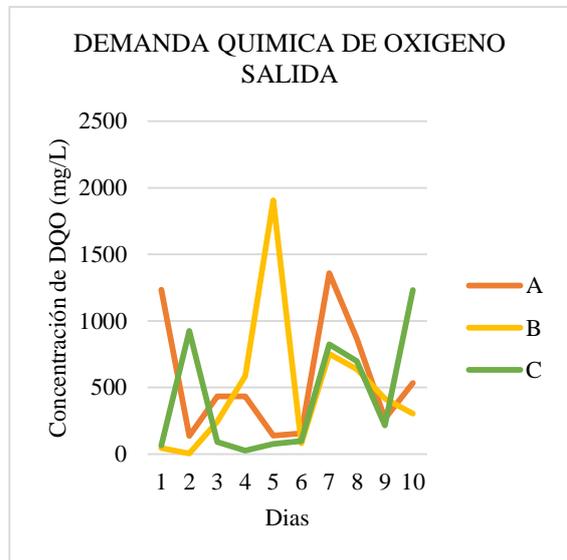
10.2.9. Demanda química de oxígeno

Figura 61. Valores de DQO de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

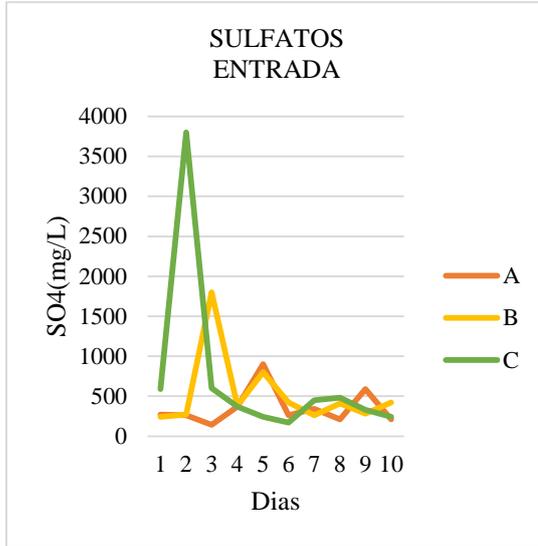
Figura 62. Valores de DQO de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

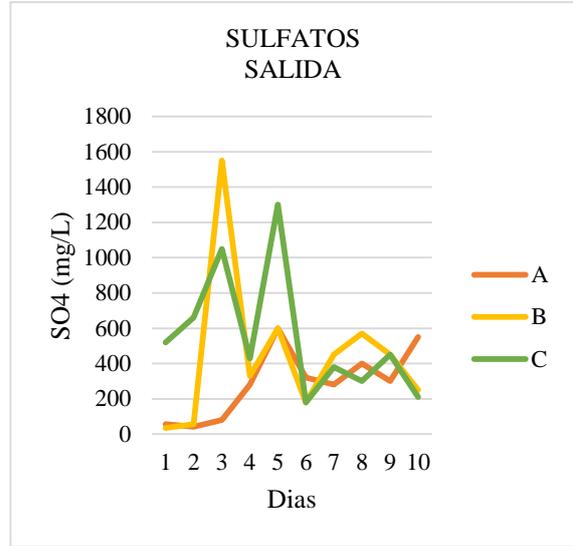
10.2.10. Sulfatos

Figura 63. Valores de Sulfatos de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

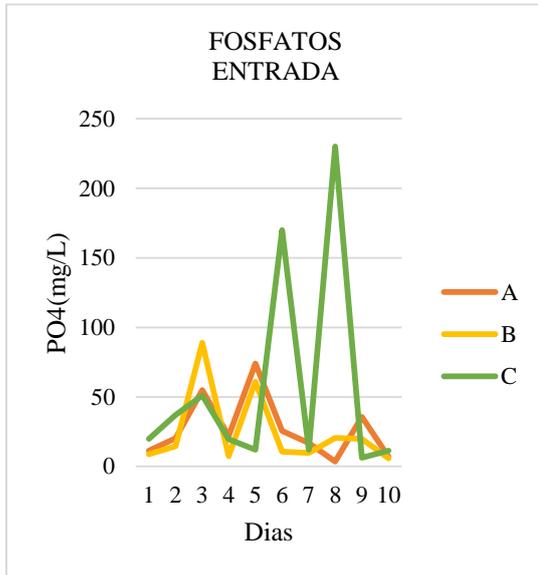
Figura 64. Valores de Sulfatos de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

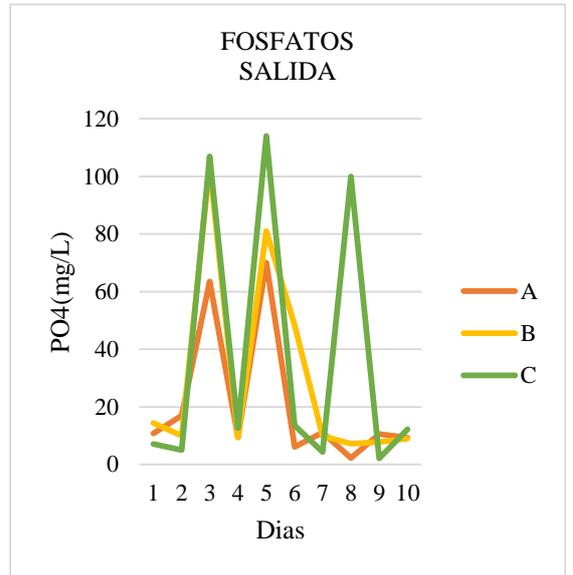
10.2.11. Fosfatos

Figura 65. Valores de Fosfatos de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

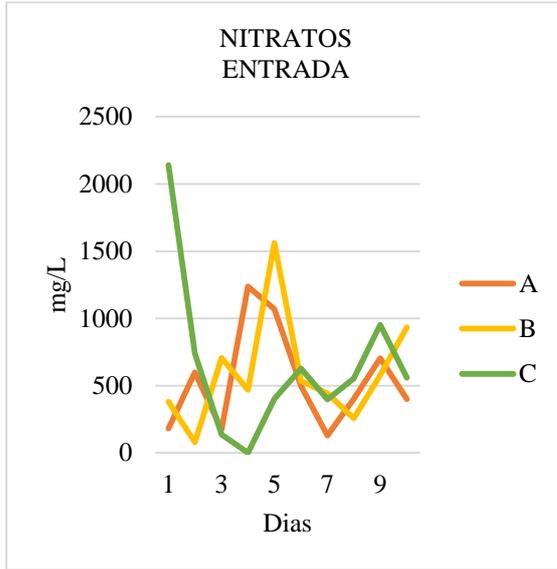
Figura 66. Valores de Fosfatos de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

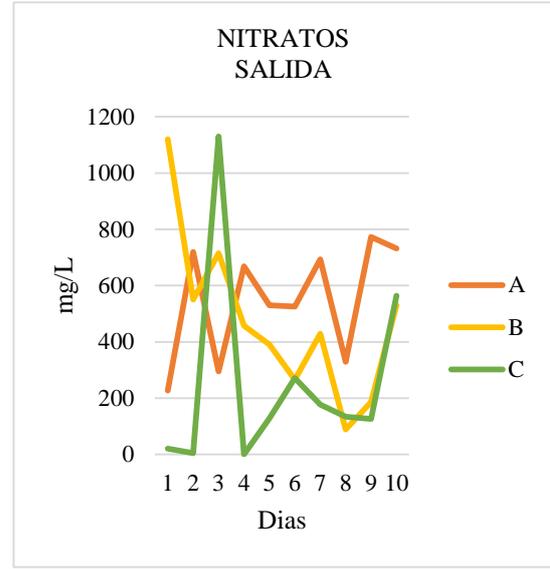
10.2.12. Nitratos

Figura 67. Valores de Nitratos de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

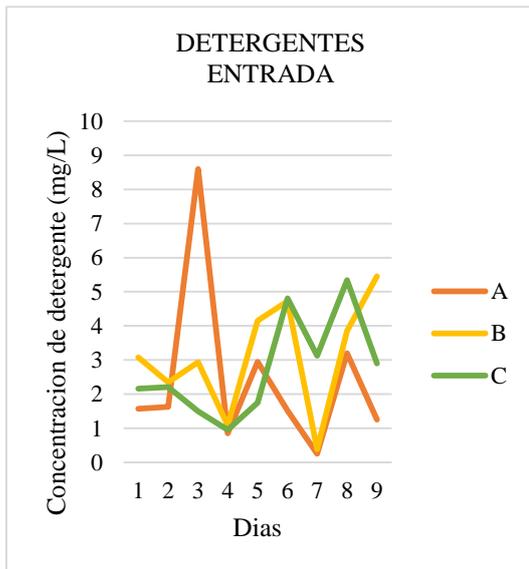
Figura 68. Valores de Nitratos de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

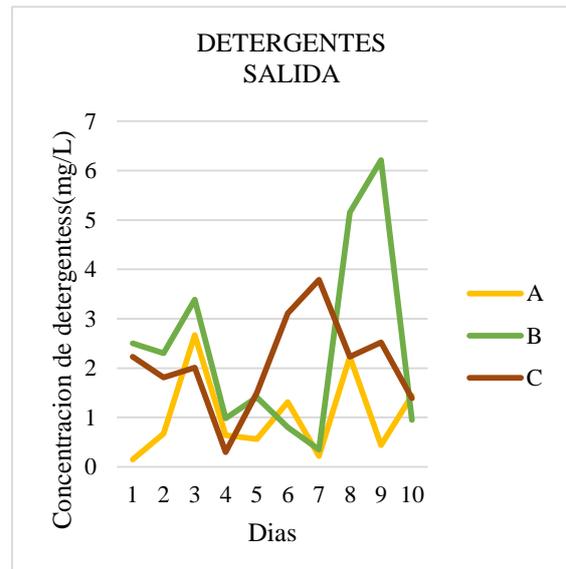
10.2.13. Detergentes

Figura 69. Valores de Detergentes de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

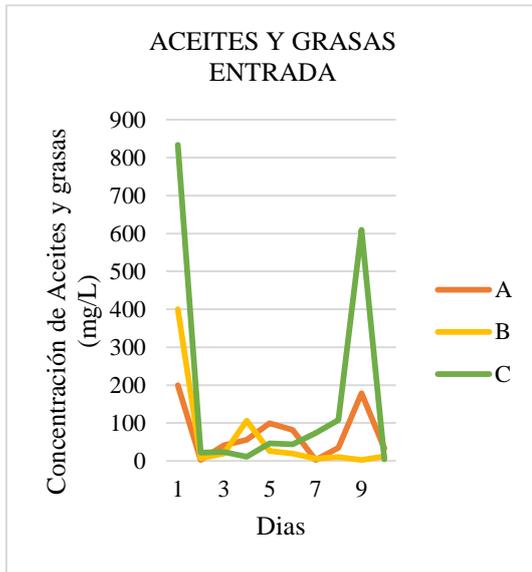
Figura 70. Valores de Detergentes de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

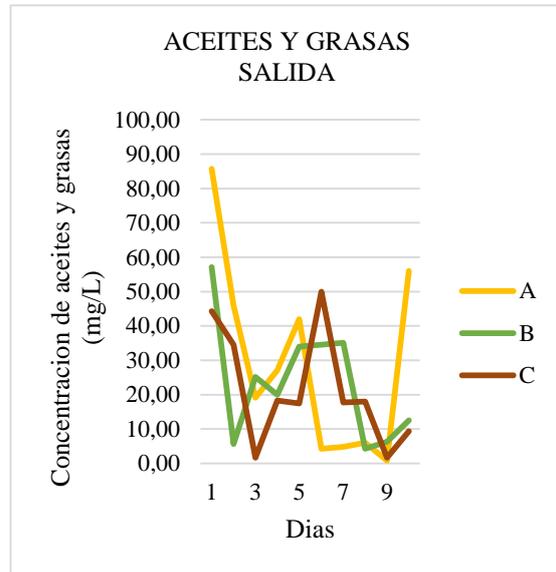
10.2.14. Aceites y grasas

Figura 71. Valores de Aceites y grasas de entrada en las empresas.



Fuente: Los Autores

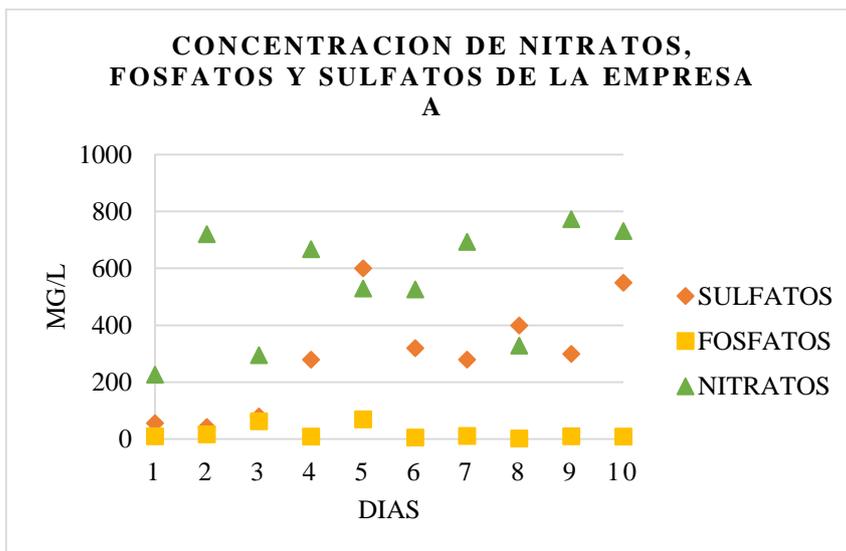
Figura 72. Valores de Aceites y grasas de salida en las empresas.



Fuente: Los Autores

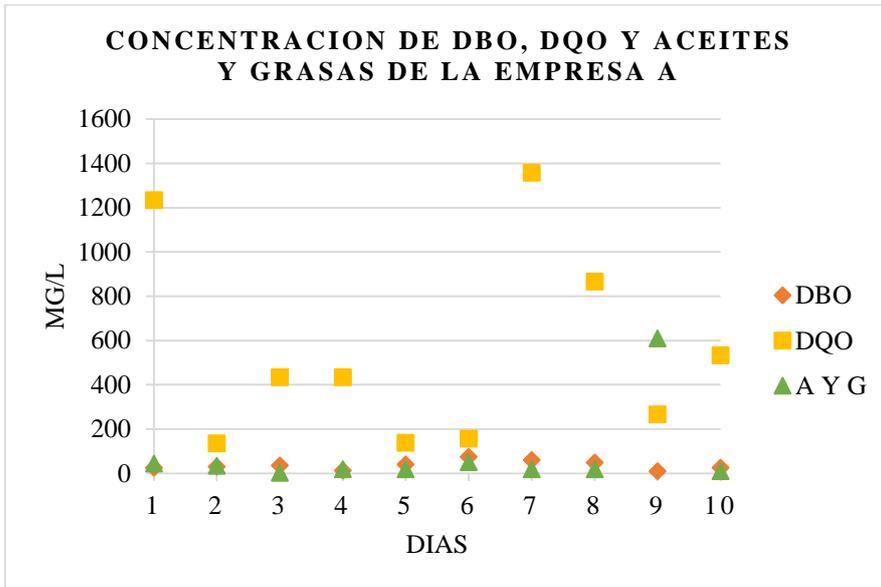
10.3. ANEXO 3. CORRELACIÓN DE PARÁMETROS

Figura 73. Concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa A.



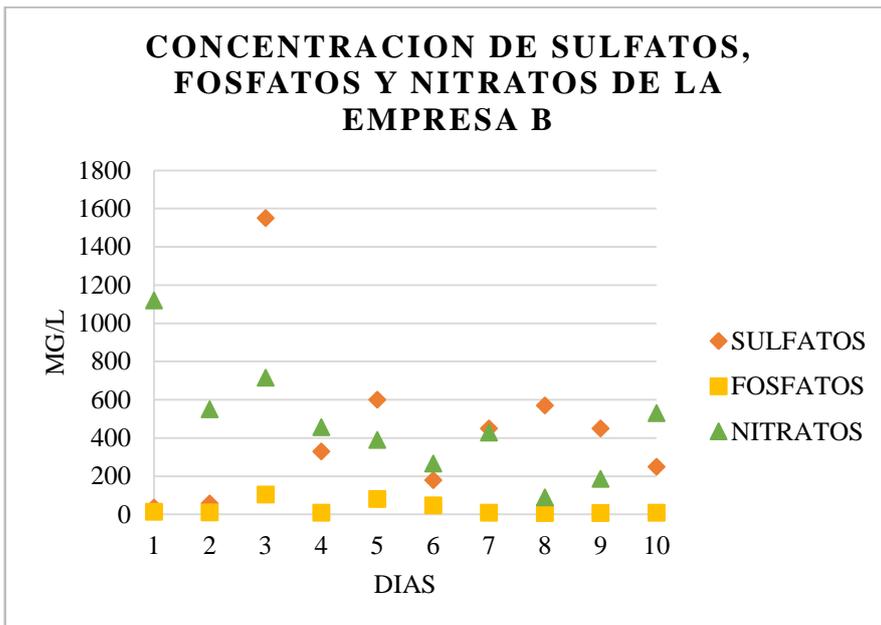
Fuente: Los Autores

Figura 74. Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa A



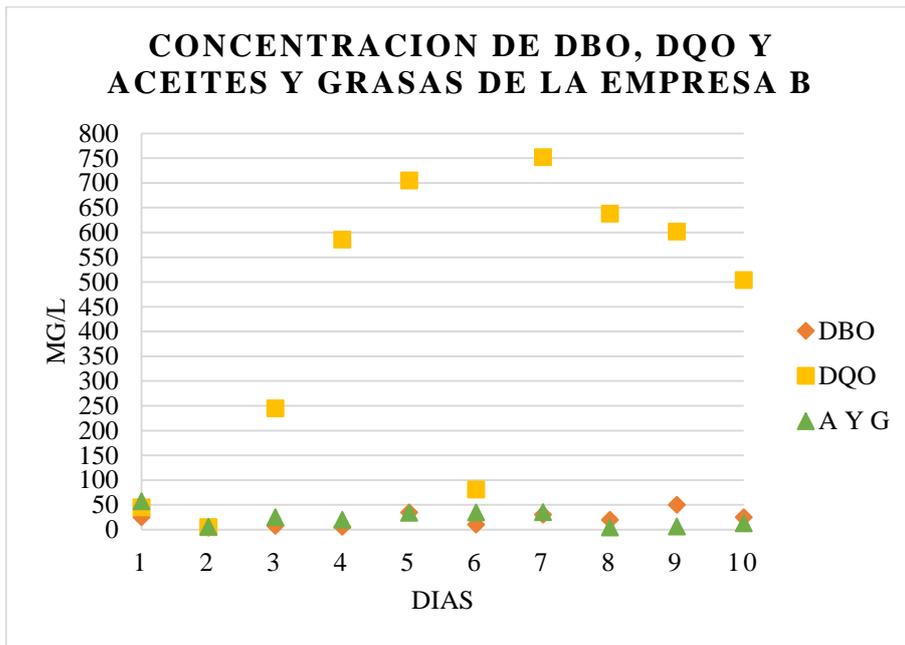
Fuente: Los Autores

Figura 75. Concentración de sulfatos, fosfatos y nitratos de la empresa B.



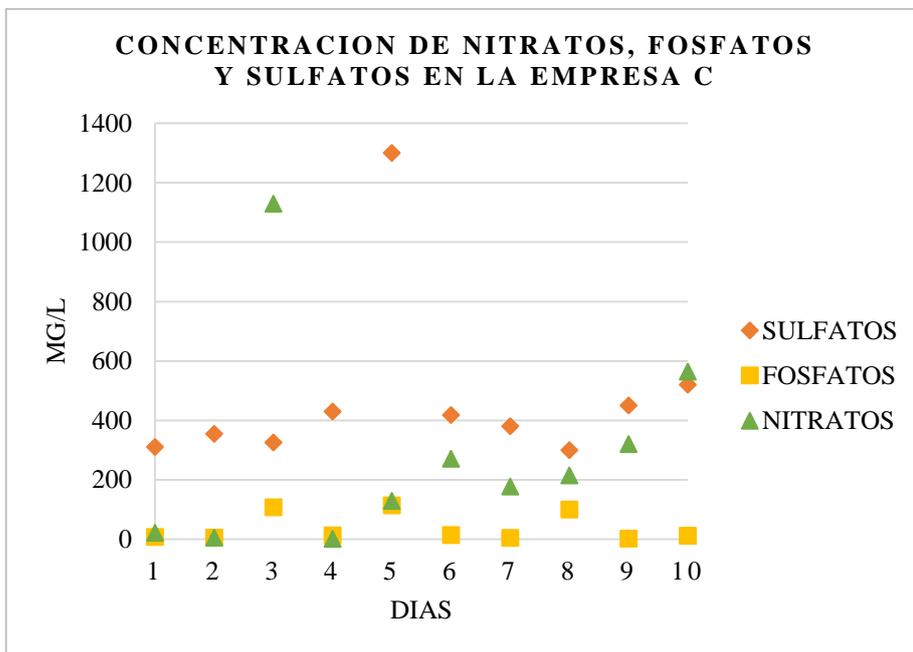
Fuente: Los Autores

Figura 76. Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa B



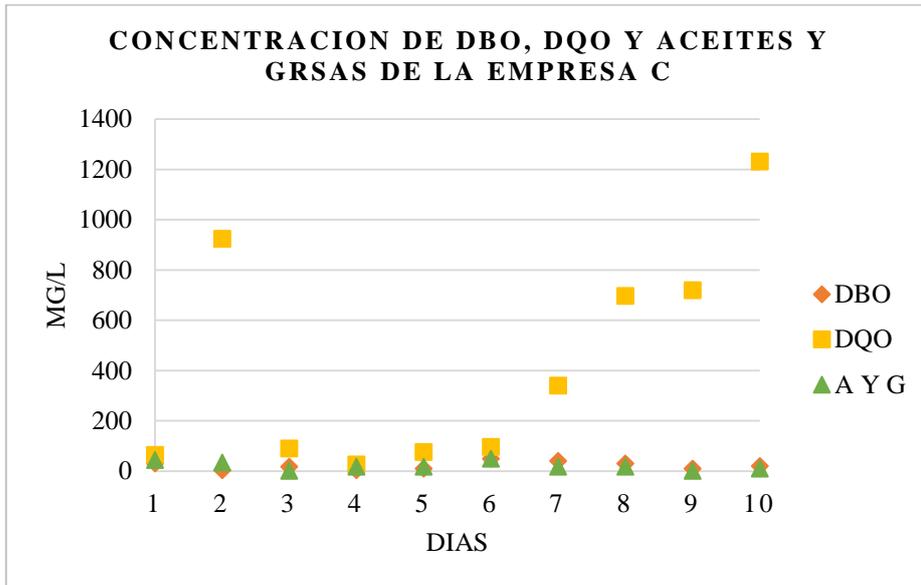
Fuente: Los Autores

Figura 77. Concentración de nitratos, fosfatos y sulfatos de la empresa C.



Fuente: Los Autores

Figura 78. Concentración de DBO, DQO y Aceites y grasas de la empresa C.



Fuente: Los Autores

10.4. ANEXO 4. CATASTRO DE LAVANDERIAS Y TINTURADORAS DE JEANS

Tabla 26. Catastro de lavanderías y tinturados de jeans del cantón Pelileo.

NOMBRE	REPRESENTANTE LEGAL	DIRECCIÓN	CATEGORIA DE LA LAVANDERIA	
Pequeña-Mediana-Grande				
1	MOBATEX	Morales Barroso Diego Fernando	Parroquia Benitez/via a Cevallos	PEQUEÑA
2	PAREDZUR	Paredes Chipantiza Wilson	Parroquia Benitez/via a Pintag	PEQUEÑA
3	ROLAND JEANS	Cherrez Wilson Rodrigo	Parroquia Bolivar	MEDIANA
4	CACTOMER INC	Toinga Machuca Carlos	Parroquia Bolivar	PEQUEÑA
5	REA JEANS	Rea Anibal	Parroquia Bolivar	MEDIANA
6	LAVANDERIA JONNATAHAN	Aguaguña Morales Gladys Erlinda	Parroquia Bolivar	PEQUEÑA
7	JAV TEX	Valladares Paredes Jaime	Parroquia Pelileo Grande	GRANDE
8	CONDETALLES Y COLORES	Hoyos Jonny Patricio	El Obraje	MEDIANA
9	WILLIS	Zuñiga Mosquera Wilson Manuel	Huasimpamba	PEQUEÑA
10	TEXPAR	Paredes Zuñiga Jhon Franklin	Huasimpamba	PEQUEÑA
11	LAVANDERIA DE JEANS	Pante Paredes Oscar	Huasimpamba	PEQUEÑA
12	BLUE JEANS	Guerrero Zuñiga Edison Ramiro	Huasimpamba	PEQUEÑA
13	MEGA PROCESOS	Lopez Cueva Victor	Quinchibana	MEDIANA
14	CHELOS	Sánchez Llerena Marcelo	La Paz	MEDIANA
15	LINTEX COLOR	Sanchez olguer	La Paz	MEDIANA
16	LOPEZ LLERENA	López Llerena Franklin	La Paz	PEQUEÑA
17	LAVANDERIA DE JEANS	Garcez José	Ladrillo	MEDIANA
18	SERVICOLOR	Manjarres Mayorga Álvaro I.	Tambo El Progreso	88MEDIANA

19	CISNE COLOR	Silva Morales Cesar Filoteo	Tambo El Progreso	MEDIANA
20	CORPOTEX	Pico Medina Francisco	Tambo El Progreso	GRANDE
21	LAVADORA Villegas	Villegas Barrera Carlos Polivio	Tambo El Progreso	PEQUEÑA
22	LAVANDERIA RAMOS	Ramos Llerena Simon Bolivar	Tambo Central	PEQUEÑA
23	RAM JEANS	Ramos Llerena Hector Napoleon	Tambo Central	MEDIANA
24	TINTER RIVER	Rivera Gallegos Martha Cecilia	Tambo Central	GRANDE
25	LASANTEX	Medina Carrasco Joselito	Tambo Central	MEDIANA
26	PANTANOS JEANS	Balzeca Quinga Fausto	Tambo Central	PEQUEÑA
27	SARITEX	Villegas Barrera Sara	Tambo Central	PEQUEÑA
28	DERVITH COLOR	Fiallos Lopez Darwin Ruben	El corte	MEDIANA
29	MODA TINTEX	Andaluz Santiago	El corte	MEDIANA
30	LLERENA MOSQUERA	Llerena Mosquera Patricio Alcivar	El corte	PEQUEÑA
31	ANDERSON	Villacis Zamora Lourdes Magdalena	El corte	MEDIANA
32	IVIDRINS	Guato Curipallo Miriam Estela	La Libertad	PEQUEÑA
33	LAVATEXA	Cristina Paredes	La Libertad	PEQUEÑA
34	ALEXANDER	De la Cruz Luis Alfonso	El Tambo	MEDIANA
35	DAYANTEX	Saylema GomezOlivia	El Tambo	GRANDE
36	LAVATEX	Mariño Sanchez Rocio	El Tambo	MEDIANA
37	MAR ANDREWS	Morales Cruz Gloria Fabiola	El Tambo	MEDIANA
38	LAVANDERIA DE JEANS	Pepe Culqui Jose Maria	Pelileo-Barrio Central	PEQUEÑA
39	JORDAN	Gallegos Tamayo Patricio	Pelileo- Barrio Central	MEDIANA
40	LAVANDERIA PROLAVTEX	Balzeca Pico Ángel	Pelileo- Barrio Central	PEQUEÑA
41	HURTADO	Hurtado Olguer Joselito	Pelileo- Vía Confraternidad	PEQUEÑA
42	PROCESOS TEXTILES LLERENA	Llerena Chipantiza Becker Ramiro	Pelileo- Vía Confraternidad	MEDIANA

43	VEQUITEX	Banda Cando María	Pelileo-Cristo del Consuelo	PEQUEÑA
44	MULTI PROCESOS GALLEGOS	Gallegos Tamayo William	Pelileo-24 de mayo	GRANDE
45	MEGA COLOR	Cesar Sinchiguano	Pelileo-24 de mayo	MEDIANA
46	FASHION COL	Oña Jorge	Pelileo-24 de mayo	PEQUEÑA

Fuente: (GAD-Pelileo, 2015)

10.5. ANEXO 5. TABLA DE MÉTODOS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LABORATORIO

Tabla 27. Tabla de métodos y equipos utilizados en análisis de laboratorio

Código	Parámetro	Unidad	Método		Equipo
322	Aceites y grasas	mg/l	EPA	418.1	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
348	Color Aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS	2120 - C	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
330	Conductividad	us/cm	STANDARD METHODS	2510 - B	Medidor Multiparametro HI
350	DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS	5210 - B	DBO Oxitop
351	Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS	5540 - C mod	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
352	DQO	mg/l	STANDARD METHODS	5220 - D mod	Termo reactor DQO
331	Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS	4500 - P - E	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
334	Nitrato – N	mg/l	STANDARD METHODS	4500 - NO3 - E mod	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
336	Potencial Hidrógeno pH	-	STANDARD METHODS	4500 - H B	Medidor Multiparametro HI
368	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS	2540 - C	Medidor Multiparametro HI
370	Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS	2540 - D	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
339	Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS	4500 - SO4 - E mod	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
374	Temperatura	°C	STANDARD METHODS	2550 B	Medidor Multiparámetro HI

Fuente: (Eaton, Clesceri, Rice, & Greenberg, 2005)

10.6. ANEXO 6. MUESTREO EN CAMPO

Figura 79. Recolección de muestras de la empresa A



Fuente: Los autores

Figura 80. Medición del tanque homogeneizador de la empresa B



Fuente: Los autores

10.7. ANEXO 7. ANALISIS DE LABORATORIO

Figura 81. Análisis de laboratorio de las muestras tomadas en campo.



Fuente: Los autores

Figura 82. Medición de detergentes en las muestras.



Fuente: Los autores

**10.8. ANEXO 8. NORMATIVA AMBIENTAL DEL LIBRO VI ANEXO 1
DEL TEXTO UNIFICADO LEGISLATIVO SECUNDARIO DEL MEDIO
AMBIENTE (TULSMA)**

Tabla 28. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego (Tabla 7)

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5,0	5,0	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					
- Sodio:					
Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0	9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Boro					
	mg/l	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO ₃)	mg/l	5,0	5,0	30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal			6,5 –8,4	

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).

- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

Tabla 29. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. (Tabla 11)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15

Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

**10.9. ANEXO 9. PLANIMETRIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA Y TINTORERIA DE
LOPEZ LLERENA.**

**10.10. ANEXO 10. PLANIMETRIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA Y TINTORERIA DE
MEGAPROCESOS.**

**10.11. ANEXO 11. PLANIMETRIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA LAVANDERIA Y TINTORERIA DE
TINTEX RIVER.**