

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



INFORME DE TESIS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA BIOLÓGICO PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS JABONOSAS, CHACHAPOYAS, 2018**

**Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental**

AUTOR

Eli Morales Rojas

ASESOR

Dr. Manuel Emilio Milla Pino

Registro.....

CHACHAPOYAS, PERÚ, 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



INFORME DE TESIS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA BIOLÓGICO PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS JABONOSAS, CHACHAPOYAS, 2018**

**Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental**

AUTOR

Eli Morales Rojas

ASESOR

Dr. Manuel Emilio Milla Pino

Registro.....

CHACHAPOYAS – PERÚ, 2018

DEDICATORIA

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría. A mis padres, porque gracias a ellos sé que la responsabilidad se debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo para darles la mejor alegría, a mi madre, que ella me ha mostrado el verdadero camino hacia la meta y que me da la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar los miedos.

A mis hermanos Javier y Felix, por el incondicional abrazo que me motiva y recuerda que detrás de cada detalle existe el suficiente alivio para empezar nuevas búsquedas hacia el futuro.

Eli Morales Rojas

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Manuel Emilio Milla Pino asesor de mi tesis y por compartir su sabiduría y conocimientos, a los docentes miembros del jurado Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, Lenin Quiñones Huatangari, Gino Alfredo Vergara Medina. Y por supuesto agradezco a la Sra. Liliana Hugo Ramos y Abel Guevara Sánchez y a toda su familia por haberme enseñado muchos valores y nunca haber dejado de apoyarme en todo momento.

A la familia del Internado Alianza Alemana, Víctor Augusto Rubio Tenorio, Elvia Rosa Bardales Ynga, Ing. Wagner Guzmán Castillo, Lizette Daniana Méndez Fasabi, Franz Schmider, Patricia Yamileth Rodríguez Díaz.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Eli Morales Rojas

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector académico

Dr. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de Investigación

Dr. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRÉS

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

MSc. ROSALYNN YOHANNA RIVERA LÓPEZ

Directora de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

En mi calidad de docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, yo Dr. Manuel Emilio Milla Pino, que suscribo, hago constar que he asesorado la ejecución y elaboración del informe de tesis titulado **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA BIOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS JABONOSAS, CHACHAPOYAS, 2018”** del tesista, Eli Morales Rojas de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM – Amazonas.

Chachapoyas, 13 de setiembre del 2018

Dr. Milla Pino Manuel Emilio
Asesor

JURADO EVALUADOR

Dr. Oscar Andres Gamarra Torres
Presidente

Mg. Lenin Quiñones Huatangari
Secretario

MSc. Gino Alfredo Vergara Medina
Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Eli Morales Rojas, identificado con DNI N° 47401587 con domicilio en Jr. Chincha Alta N°637, Provincia de Chachapoyas distrito de Chachapoyas, departamento de Amazonas mediante el presente documento, **DECLARO BAJO JURAMENTO:** Que la información no citada que aparece en la Tesis Titulada: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA BIOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS JABONOSAS, CHACHAPOYAS, 2018”**, es de mi propiedad y autoría.

A continuación firmo la presente de conformidad a lo escrito y en caso necesario me someto a las verificaciones correspondientes y las sanciones establecidas por ley.

Chachapoyas, 11 de setiembre del 2018

ELI MORALES ROJAS
DNI: 47401587

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Antecedentes de la investigación.....	3
3.2. Bases teóricas	6
3.4. Definición de términos básicos.....	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
4.2. Población, muestra y muestreo	11
4.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos y procedimientos.	12
4.4. Metodología	12
✓ Construcción del sistema de tratamiento	12
✓ Construcción de los estanques	12
✓ Toma de muestra	12
✓ Análisis de las muestras.....	13
✓ Mediciones en campo	13
4.5. Metodología para los análisis tomados en campo	13
4.6. Análisis en laboratorio.....	13
V. RESULTADOS	17
5.1. Procesamiento de datos	18
VI. DISCUSIÓN.....	21

VII. CONCLUSIONES	23
VIII. RECOMENDACIONES	25
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ANEXOS	29
Anexo N°01. Matriz de información para el procesamiento de datos.....	30
Anexo N°02. Resultados del procesamiento de datos.....	31
Anexo N° 03. Panel Fotográfico	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Metodología para determinar los análisis fisicoquímicos.....	14
Tabla N°02: Relación de la concentración de DQO y volumen de la muestra de agua jabonosa a diluir.....	16
Tabla N°03: Resultados de la primera etapa de muestreo.....	17
Tabla N°04: Resultados de la segunda etapa de muestreo.....	17
Tabla N°05: Resultados de la tercera etapa de muestreo.....	18
Tabla N°06: Resultados de la cuarta etapa de muestreo.....	18
Tabla N°07: Análisis de varianza.....	19
Tabla N°08: Resultados de las aguas contaminadas de acuerdo al BDO y DQO.....	19
Tabla N°09: Procesamiento estadístico para determinar el grado de contaminación....	20

RESUMEN

Esta investigación presenta una alternativa simple y económica para solucionar los problemas ocasionados por las aguas jabonosas residuales provenientes de actividades de lavado de ropa en los hogares, para ello se pretende establecer un sistema de filtros que involucre un tratamiento biológico con el uso de plantas de lenteja de agua (*Lemna minor*) y berros (*Nasturtium officinale*), permitiendo la reutilización de las aguas jabonosas en otras actividades tales como en la limpieza del hogar, contribuyendo de esta manera al desarrollo de ciudades sostenibles y el uso eficiente de los recursos. En este contexto se implementó el sistema de filtros para aguas jabonosas generadas por actividades de lavado de ropa en el internado la Alianza Alemana de la ciudad de Chachapoyas, para lo cual se caracterizó las aguas jabonosas a partir del análisis de los parámetros fisicoquímicos como el pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Fosfatos, DBO5, y DQO, para cada uno de los filtros biológicos.

Palabras Claves: Agua jabonosa, aguas grises, lenteja de agua, berros.

ABSTRACT

This research presents a simple and economical alternative to solve the problems caused by residual soapy water coming from laundry activities in homes, for this we intend to establish a filter system that involves a biological treatment with the use of lentil plants of water (*Lemna minor*) and watercress (*Nasturtium officinale*), allowing the reuse of soapy water in other activities such as in the cleaning of the home, contributing in this way to the development of sustainable cities and the efficient use of resources. In this context, the system of soapy water filters generated by washing activities at the boarding school of the German Alliance of the city of Chachapoyas was implemented, for which the soapy waters were characterized from the analysis of the physicochemical parameters such as pH , Temperature, Dissolved Oxygen, Electrical Conductivity, Total Dissolved Solids, Total Suspended Solids, Alkalinity, Phosphates, BOD5, and COD, for each of the biological filters.

Key Words: Soapy water, gray water, duckweed, watercress.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos naturales fundamentales que, junto con el aire, la tierra y la energía, Constituyen los cuatro recursos básicos donde se apoya la vida en cualquiera de sus formas, sin embargo, la importancia de la calidad del agua, ha tenido un lento desarrollo, sólo hasta finales del siglo XIX se le reconoció como origen de numerosas enfermedades infecciosas. (Villanueva & López, 2014).

Por otro lado, tenemos la disposición inadecuada de las aguas grises en todos los lugares que no son cubiertos por el sistema de alcantarillado, incrementando la proliferación de vectores que provocan enfermedades que atacan a la población más vulnerable. Yee-Batista (2013) afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos.(Meoño, et al., 2014.).

Por ende, existen técnicas de tratamiento de aguas residuales a las que se les puede denominar como Alternativas, debido a que no son consideradas convencionalmente por los órganos de gobierno nacional y local, pero que pueden ser parte de la respuesta para el tratamiento, y en particular para aquellas zonas rurales, que no cuenta con los recursos financieros. (Sánchez, et al., 2018).

Dado la amplitud del problema, conviene estudiar el tratamiento de aguas residuales domesticas desde diversas tecnologías, en este caso se pretende abordar la Alternativa del tratamiento con el sistema de biofiltros teniendo como objetivo general “Evaluar el sistema biológico para el tratamiento y reutilización de aguas jabonosas para uso doméstico en la Alianza Alemana de la ciudad de Chachapoyas”.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el sistema biológico para el tratamiento y reutilización de aguas jabonosas para uso domestico.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las aguas jabonosas del internado la Alianza Alemana de la ciudad de Chachapoyas.
- Determinar el grado de contaminación de las aguas jabonosas.
- Diseñar el sistema de reutilización, purificación biológica de aguas jabonosas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la investigación

En Argentina evaluaron las aguas grises determinándose que se presentan riesgos de transmisión de enfermedades debido a que pueden transportar un número limitado pero importante de microorganismos patógenos. En muchas zonas las aguas grises se eliminan en zanjas a cielo abierto, lo que genera un riesgo para los habitantes de zonas urbanizadas. El objetivo de ese estudio fue evaluar el riesgo sanitario, a través de un análisis cuantitativo de riesgo microbiológico (ACRM) de aguas grises crudas, sometidas a procesos de sedimentación y filtración a través de septos de arena.(Nuñez et al., 2014).

El tratamiento de aguas grises domesticas se presenta como una alternativa para mitigar las alteraciones de acumulación de sodio, modificación de propiedades hidrodinámicas de los suelos ocasionada por la acumulación de surfactantes, considerando las diferentes características físicas, ambientales y socio-económicas existentes en las pequeñas y medianas poblaciones, las cuales representan un reto a la hora de seleccionar y proyectar tecnologías sostenibles. Los sistemas naturales tales como filtración lenta en arena y humedales artificiales, son alternativas de bajo costo, fáciles de operar, eficientes y robustos en comparación con los sistemas de tratamiento convencional. (Murcia-Sarmiento, Calderón-Montoya, & Díaz-Ortiz, 2014).

En la Universidad Católica de Colombia implementaron las siguientes medidas: Como primera medida se desarrolló un estado del arte, con el fin de conocer la forma en que se reutiliza el agua en el planeta, y que tan importante es para las personas el tema de reutilización del agua en viviendas. En segundo lugar, se desarrollarlo encuestas a 50 personas, realizando preguntas acerca de la forma de utilización del Baño y la importancia que encontraban en reutilizar el agua. En tercer lugar, se realizaron ensayos de laboratorio de orden físico con el fin de conocer las características físicas del agua a reutilizar, y también el tiempo que tomaba en degradarse o tomar un olor desagradable. En cuarto lugar, teniendo los resultados de la encuesta se diseñó un manual denominado “manual para el correcto uso de la ducha”. Como quinto y último paso se diseñó un tanque de quietamiento y decantación, así como también un tanque de almacenamiento para el agua a reutilizar.

Partiendo con la idea de reutilizar el agua, y apoyar el cuidado desde la reutilización de la misma se procedió a desarrollar un prototipo para el tratamiento de agua producida en la edificación en la que se implementara el sistema de reutilización.(Gutiérrez, Ariza, & González, s. f.).

Los filtros de arena eliminan los microorganismos y las partículas por el esfuerzo físico, y algunos compuestos disueltos por adsorción sobre las superficies de los granos de arena pero lo más importante, en los filtros de arena biológicamente activos es la eliminación de microorganismos problemáticos y compuestos químicos a través de la biodegradación.(Juárez & Rodríguez, s. f.).

Según la FAO 2011 nos dice que los filtros de aguas grises es una práctica utilizada para filtrar el agua utilizada en las pilas del hogar, a la que se le quitan los desechos, para luego ser utilizada en el riego de los cultivos, principalmente huertos de hortalizas, plantas frutales y ornamentales. (Carmenates Hernández, Hidalgo Rosa, Osbert Nurse, Mujica Cervantes, & Paneque Rondón, 2013).

El uso de aguas residuales domésticas es como un recurso alternativo, siempre que se traten y manejen apropiadamente para hacerlo de manera segura en actividades agrícolas, privilegiando el riego de cultivos que sufrirán una transformación industrial posterior.(Silva & Torres, 2008).

Las ventajas principales de la implementación de un sistema de aguas grises en el hogar. Es la paz mental, La tranquilidad de saber que estás disminuyendo tu huella en este planeta utilizando menos agua, y reduciendo el consumo de agua tratada municipal. Por ende muchas familias ahorran el agua y detergente con la lavadora, porque lo usan varias veces en el lavado y para otros fines domésticos.(«Las Aguas Jabonosas. Manual de buenas prácticas - PDF», s. f.).

Según la tesis doctoral “Propuesta de optimización del uso del agua en Trujillo” nos dice que el Modelo de un proceso de reciclaje de agua Consiste reciclar el agua que se usa en los lavatorios y conectarlo al cilindro subterráneo de limpieza, para trasladarlo mediante un tubo a la cisterna subterránea de 1200 litros de agua. De allí dependerá de la captación por un sistema de tubos conectados hasta el biohuerto. Además de realizar un programa de concientización uso eficiente de agua y su reciclaje aplicado. (Rodríguez, 2011).

Según (Tangerino et al., 2013); nos dice que la filtración lenta en lecho de arena es un eficiente método de potabilización del agua donde el tratamiento se realiza por la combinación de procesos fisicoquímicos y biológicos.

Las macrófitas flotantes realizan una actividad depuradora muy importante; Consiste en estanques con profundidad variable (0,4 m a 1,5 m), donde las macrófitas se desarrollan naturalmente. Entre las especies más empleadas se encuentran el jacinto de agua (*Eicchornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna spp.*). (Martelo & Lara Borrero, 2012).

La preocupación de hoy, sería poder compartir equitativamente los recursos hídricos para que cada comunidad tenga poder de decisión y acción sobre su destino ya que el agua es indispensable para la vida y si escasea no hay otro recurso que pueda sustituirla.(Castilla, 2013).

En cuba realizaron ensayos de biorreactores a escala de laboratorio para evaluar el uso de un humedal artificial de flujo en aguas provenientes de piscinas. Para el experimento utilizaron dos biorreactores de flujo vertical, con un lecho filtrante de arena y soporte de grava. Donde los dos biorreactores evaluados, se observaron efectos fitodepuradores significativos en la remoción de contaminantes orgánicos y microbiológicos de estas aguas.(Pérez et al., 2017).

La lenteja de agua, en el campo ambiental se puede considerar como una especie valiosa para el tratamiento de aguas residuales, en la absorción de contaminantes, como complemento alimenticio para animales domésticos y para utilizarla en bioensayos con el fin de determinar el efecto negativo de sustancias tóxicas en el agua.(Lago, et al., 2016)

Marmolejo expresa que el objetivo básico del tratamiento de aguas residuales es proteger la salud, promover el bienestar de las personas y proteger el ambiente. Para otros autores, el objetivo es modificar las características del agua de tal forma que el efluente tratado cumpla con los requisitos especificados en la legislación ambiental, para ser vertido en un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades (Marmolejo, 2010).

La reutilización en agricultura de las aguas residuales tratadas es una opción que se está estudiando y adoptando cada vez más en regiones con escasez de agua. Muchas

regiones del mundo están experimentando crecientes problemas de déficits hídricos. Esto se debe al crecimiento implacable de la demanda de agua frente a unos recursos hídricos estáticos o en disminución y a las periódicas sequías debidas a factores climáticos. Además de estas presiones se estima que un calentamiento global de 2°C, como consecuencia del cambio climático, podría llevar a una situación en la que de uno a dos mil millones de personas no cuenten con agua suficiente para satisfacer sus necesidades de consumo, higiene y alimentarias (Hettiarachchi & Ardakanian,2017).

3.2. Bases teóricas

Sistema de tratamiento de aguas jabonosas

El sistema de tratamiento de aguas jabonosas es una forma sencilla de limpiar el agua y ser utilizada en el hogar mejorando la calidad de agua, alargando la vida útil.(Meoño et al., 2015).

Las aguas grises representan el 80% del total de aguas negras que se producen en los hogares y son producto de muchas actividades cotidianas realizadas como: lavado de nuestros cuerpos, limpieza del hogar, lavado de utensilios de cocina y el lavado de ropa. (Moscoso, J.2011).

Los filtros de arena eliminan las partículas más pequeñas del agua. A través de un flujo lento y constante, también elimina microorganismos patógenos que causan enfermedades es decir los filtros hace que los patógenos se queden atrapados. (Golato, et al., 2012)

Según el “manual de diseño para aguas grises” nos dice que reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, hay muchos beneficios en el uso de las aguas grises en lugar de agua potable para hacer la limpieza del hogar .(Nuñez et al., 2014).

Usando las aguas grises nos ayuda a:

- ✓ Disminuir el uso de agua potable de 16% a 40%, dependiendo del sitio y el diseño del sistema (Cohen, 2009).
- ✓ Disminuir el monto de los recibos de agua potable.
- ✓ Proporcionar una fuente alternativa de agua para uso doméstico, reservando el agua tratada para consumo humano y otros fines de alta calidad.

Según un estudio realizado en diferentes países nos permite conocer que la calidad de agua potable, así como las diferentes practicas entre países ciudades, pueblos y familias, hacen que no se pueda estandarizar la calidad de aguas grises, no obstante los análisis realizados en diferentes partes del mundo pueden ayudar a tener una idea de reutilizar este tipo de aguas. (Alvarado, 2012).

El jabón

En 1795, el jabón marca Marsella empezó a industrializarse gracias a los trabajos científicos de Nicolás Leblanc en 1787, quien obtuvo el álcali de la sal de mar y el carbón, con calor.

En 1783, Scheele descubrió una sustancia dulce a la que llamó ölsus, hoy conocida como “glicerina”, al hervir aceite de olivo con óxido de plomo. (Regla et al., 2014).

Componentes del Jabón:

Un jabón contiene las sales de sodio o potasio de los ácidos grasos, producto de la mezcla de un cuerpo graso (triglicéridos con un álcali, que puede ser hidróxido de sodio o de potasio). En el agua, el jabón forma entre 100 y 200 micelas; es decir, asociaciones o conglomerados de moléculas que orientan sus cabezas con carga hacia la superficie del agregado molecular, mientras que las cadenas alifáticas quedan hacia dentro. La micela es una partícula energéticamente estable, ya que los grupos con carga están unidos mediante enlaces de hidrógeno de baja energía con las moléculas del agua circundante, mientras que los grupos afines a las grasas se orientan hacia el interior de la micela e interactúan con otros grupos de características similares. (Regla et al., 2014).

Contaminación al ambiente por detergentes.

Los detergentes en el suelo, como contaminantes son arrastrados por las aguas y ejercen sus efectos en el medio ambiente, de forma que alteran las características de la microflora, de la microfauna, del agua y modifican la infiltración, modifican las características físicas del suelo, la porosidad del suelo, provocan la formación de espumas en charcos y arroyos y modifican las características de las aguas de los pozos y los contaminan. (Gil et al., 2014).

La contaminación por detergentes y jabones es generada por todos y cada uno de los ciudadanos dado que todos hacemos uso de una forma directa o indirecta de estos

productos químicos, en la limpieza personal, doméstica e industrial, los cuales actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales. (Corrales, 2006).

3.4. Definición de términos básicos

Potencial de hidrógeno (pH) : Es una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada.(Hernández et al., 2003).

Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo "la temperatura se mide con el termómetro y estas depende de la zona y de la latitud". (Beltrán-Álvarez, Ramírez-Lozano, & Sánchez-Palacios, 2012)

Oxígeno Disuelto (OD): Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para la vida en los cuerpos de agua.(Muñoz et al., 2015).

Conductividad eléctrica: Es una expresión numérica de la capacidad de una solución acuosa para conducir corriente eléctrica.(Hernández-Ayón et al., 2003).

Sólidos Disueltos Totales: Es cualquier elemento presente en el agua como minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos.(Arias-Lizárraga & Méndez-Gómez, 2014).

Sólidos Suspendidos Totales: son pequeñas partículas de contaminantes sólidos que flotan en la superficie o están suspendidos en aguas u otros líquidos. (Saldaña-Fabela, Díaz-Pardo, & Gutiérrez-Hernández, 2011).

Alcalinidad: La alcalinidad es la capacidad de los solutos contenidos en el agua natural, la alcalinidad depende esencialmente de las concentraciones de bicarbonato, carbonatos e hidróxidos y se expresa en ppm de CaCO₃.(Trujillo, Martínez, & Flores, 2008).

Fosfatos: Los fosfatos son nutrientes de fosforo que conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, esta depende de la concentración de fosfato existente en el agua.(Rueda-Jasso, De los Santos-Bailón, Fuentes-Farias, & Gutierrez-Ospina, 2014).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. (Epigares et al., 1985).

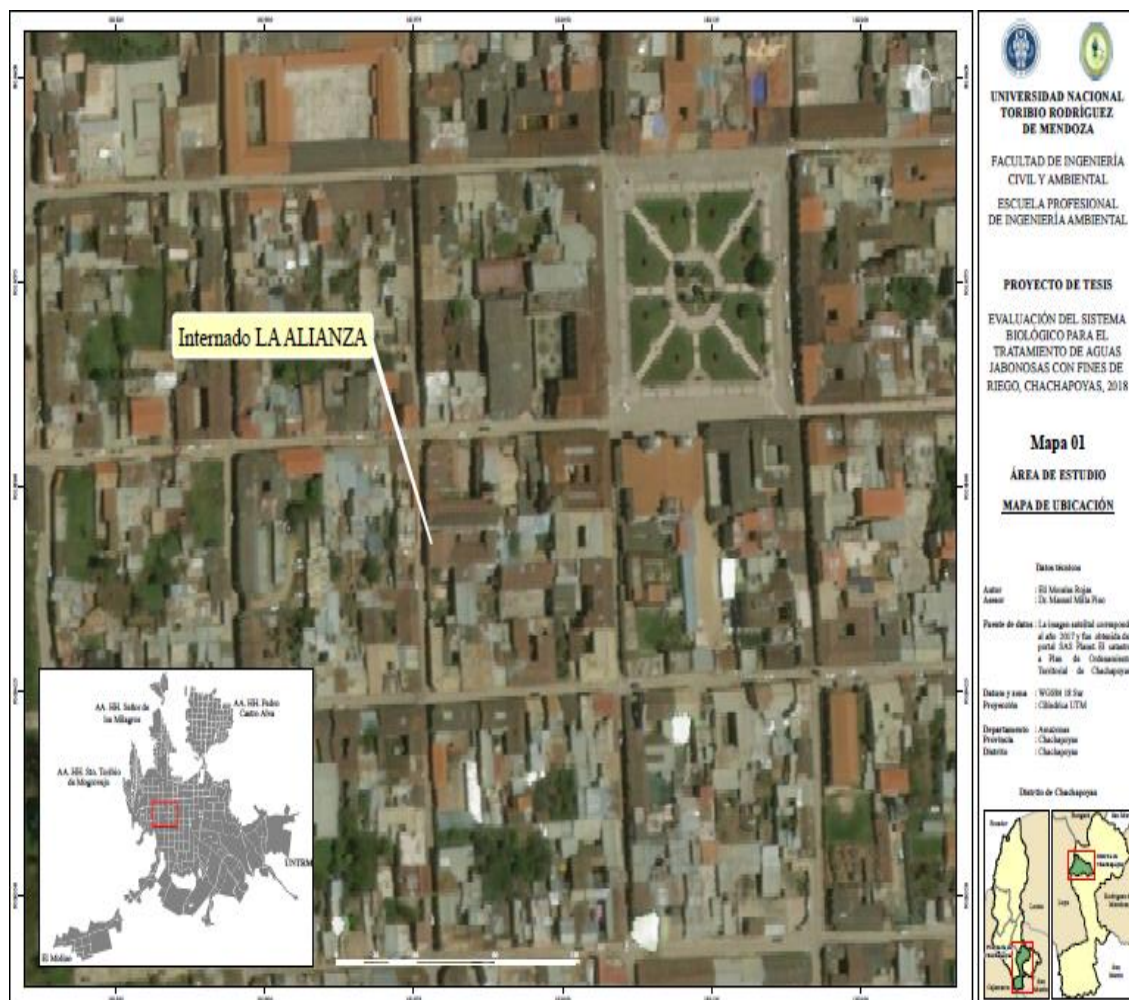
La demanda química de oxígeno (DQO): corresponde a la cantidad de oxígeno requerida para oxidar completamente por medios químicos los compuestos orgánicos a CO_2 y H_2O . (Hernandez, 1992).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación evaluación del sistema biológico para el tratamiento de aguas jabonosas, se realizó en el internado la Alianza Alemana, en nuestra ciudad de Chachapoyas. Ver figura N°01

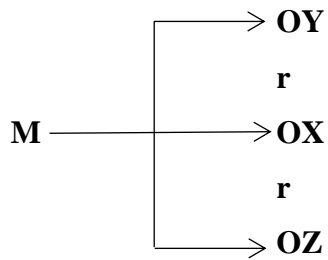
Figura N°01. Ubicación Geográfica del área estudio.



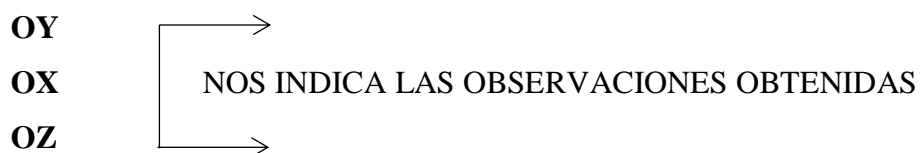
4.1. Diseño de Investigación

Esta investigación será de carácter experimental, siendo descriptiva y correlacional.

Diseño



DONDE:



M = es la muestra

O = indica las observaciones a cada variable

X, Y, Z, = representa sub-indicaciones en cada 0

r = es la posible relación entre las variables estudiadas

4.2. Población, muestra y muestreo

4.2.1. Población

200 litros de aguas jabonosas provenientes del lavado de ropa de la Alianza Alemana.

4.2.2. Muestra

Se tomarán 16 muestras de 1 litro cada una para el análisis de entrada y salida del agua jabonosa.

4.2.3. Muestreo

La toma de muestras de agua jabonosa se realizó en cuatro puntos de muestreo, cada ocho días, con la finalidad de determinar el estado en condiciones normales del agua.

4.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos y procedimientos.

4.3.1. Método: Experimental, aplicado porque se evaluará el tratamiento de las aguas jabonosas y se comprobará si el agua es apto para riego de áreas verdes

4.3.2. Técnicas

- Selección de las muestras de aguas jabonosas se realiza teniendo en cuenta los filtros biológicos.
- Determinación de parámetros físico-químicos, mediante técnicas de laboratorio.

4.3.3. Instrumentos

- Libreta de campo

4.4. Metodología

Los pasos para lograr cada uno de los objetivos específicos planteados y dar solución al grave problema de escasez de agua comprende los siguientes aspectos.

✓ Construcción del sistema de tratamiento

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó tres cajas debidamente adecuadas para que pueda purificarse las aguas jabonosas. Estos sistemas consto del llenado de arena, piedra de rio y carbón, a diferencia de la última caja se adiciono dos plantas acuáticas que son la lenteja de agua (*Lemma Minor*) y el berros (*Nasturtium officinale*) respectivamente.

✓ Construcción de los estanques

Se construyeron 3 cajas de material de madera debidamente forrado con plástico para evitar fugas de agua, con dimensiones (100 cm de ancho, 100 cm de largo y 60 cm de profundidad).

✓ Toma de muestra

Las muestras se tomaron todos los días jueves del mes de junio, el agua jabonosa fue estancada y cambiada cada 8 días vale recalcar que las muestras tomadas son homogéneas; Se tomaron muestras diferentes para cada caja.

Las muestras se recogieron en envases de plástico oscuros para determinar la materia orgánica y en frascos transparentes para los otros análisis fisicoquímicos analizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto de la Investigación

para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

✓ **Análisis de las muestras**

Los análisis para caracterizar las aguas jabonosas se realizaron tanto en campo como en laboratorio.

✓ **Mediciones en campo**

Se utilizó un equipo Multiparamétrico para medir pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto y Temperatura. Los equipos utilizados para la medición de estos parámetros son del Laboratorio de Aguas y Suelos del Instituto de la Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Estos parámetros se analizaron cada vez que se tomaron muestras para analizar en el laboratorio.

4.5. Metodología para los análisis tomados en campo

Determinación de potencial de hidrógeno (pH)

El pH se determinó con un pH-metro HANNA. Se evaluó el pH para obtener un valor de la actividad del ión Hidrógeno y su efecto sobre las propiedades químicas y biológicas (Método 4500-H+ ; APHA, AWWA, WPFC).

Determinación de temperatura (T°)

La temperatura del agua jabonosa se midió in situ por medio del multiparámetro portátil con sonda metálica, la misma con la que se midió la conductividad eléctrica. Este parámetro es importante en los procesos de purificación de aguas, ya que con la temperatura puede inducir a la variación de parámetros fisicoquímicos y biológicos (Método 2550B; APHA, AWWA, WPFC).

4.6. Análisis en laboratorio

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos tales como: Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Fosfatos, DBO5 y DQO, se realizaron en el laboratorio de aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

La metodología que se empleó en los análisis de las aguas jabonosas se especifica en la tabla N°01.

Tabla N°01. Metodología para análisis fisicoquímicos.

PARÁMETROS	UNIDAD	METODOLOGÍA
pH	pH	Método 4500-H+; APHA, AWWA, WPFC:Electrodométrico
Temperatura	°C	Método 4500-O G; APHA, AWWA, WPFC:Electrodo de Membrana
Oxígeno Disuelto	mg/L	Método 4500-O G; APHA, AWWA, WPFC:Electrodo de Membrana
Conductividad eléctrica	µS/cm	Método 2510 B; APHA, AWWA, WPFC: Electrodométrico
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	Sólidos totales secados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	Sólidos totales secados
Alcalinidad	mg/L	Titulación con HCl
Fosfatos	mg/L	PhosVer3, Digestión con Persulfato Ácido
DBO5	mg/l	Dilución
DQO	mg/L	Digestión de Reactor

✓ **Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Consiste en tomar 200 ml de la muestra, previamente a eso se deja los vasos de precipitado en la estufa para el secado a 103-105 °C para luego hacer una pesada inicial por la tanto el aumento de peso sobre el vaso de precipitado representa los sólidos totales.

✓ **Determinación de Nitratos**

Para la determinación de nitratos en las muestras se utilizó el Método: Reducción de cadmio; Luego se determinó la concentración de nitratos mediante espectrofotometría. Para ello se adiciono 05 ml de la muestra de agua jabonosa a tubos de ensayo debidamente rotulados, en un tubo adicional se rotula como “BR” (Blanco Reactivo) y se adiciona 05mL de agua destilada. Luego agrega en cada tubo de ensayo el contenido de un sobre NitraVer5 (HACH), se agita durante 01 minuto para homogenizar dejándole reaccionar por 10 minutos para hacer la lectura en el Espectrofotómetro.

✓ **Determinación de Fosfatos**

Para la determinación de fosfatos se realizó de la siguiente manera, cogiendo de la muestra 10 ml a cada tubo de ensayo debidamente rotulados; también un tubo adicional para el blanco reactivo “BR” (Blanco Reactivo) a este se añade 10 ml de agua destilada para luego agregar el contenido de un sobre PhosVer 3 (HACH) y agitarle durante 15seg y luego se deja reaccionar 02min para proceder en espectrofotómetro.

✓ **Determinación de la alcalinidad**

Para determinar la alcalinidad se realizó por titulación con una solución estándar de un ácido mineral fuerte a los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y el ácido carbónico. Para ello se utiliza el indicador Rojo de metilo y el Verde de bromocresol.

✓ **Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

Para la determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno en las muestras se utilizó el Método: Digestor de Reactor; mediante el siguiente procedimiento. Primeramente, se preparó el agua de dilución; para lo cual se utilizó 1 ml de cada reactivo; Buffer sulfato, Sulfato de magnesio, Cloruro férrico y Cloruro de calcio en 1 litro de agua destilada; luego con un aireador se oxigeno la solución preparada durante 20 minutos y luego se midió el Oxígeno disuelto inicial del agua.

Seguidamente se tomó volúmenes de la muestra de agua jabonosa como se expresa en la tabla N°02, y se colocó en botellas Winkler de color ámbar de 330 ml y luego se aforo con agua de dilución. Para ello se midió la concentración de Oxígeno disuelto y se tapó las botellas de modo que no quede burbujas y se colocó en la incubadora durante 5 días se realizó nuevamente la medición de Oxígeno disuelto final.

✓ **Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Para la determinación de Demanda Química de Oxígeno de las muestras se utilizó el Método de Digestor de Reactor; mediante el siguiente procedimiento.

Se puso a precalentar el digestor de DQO a 150°C, para luego tomar 02 ml de la muestra y colocarlo cuidadosamente en los tubos con solución de digestión y llevar al digestor DQO durante 02h a 150°C. Y se deja enfriar por 20minutos para la lectura en el espectrofotómetro. Ver tabla N°02.

Tabla N° 02: Relación de la concentración de DQO y volumen de la muestra de agua jabonosa a diluir.

DQO (ppm)	DILUCIÓN
01 – 05	Directa
05 – 10	Directa y al 50%
10 – 15	50% y 30%
15 – 25	30% y 15%
25 – 50	15% y 10%
50 – 100	10% y 5%
100 – 200	2% y 1%
400 – 800	1% y 0,5%

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas del instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES)

V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos están en función de los 10 parámetros fisicoquímicos realizados en campo, tal como mostramos en la tabla N°03.

Tabla N°03. Resultados de la primera etapa de muestreo

PARÁMETROS	UNIDADES	PUNTO DE MUESTREO			
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
pH	pH	9.14	7.48	8.56	8.19
Temperatura	°C	26.2	17.4	16.4	17.2
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.15	7.86	7.75	3.43
Conductividad eléctrica	μS/cm ²	112.1	96.8	122.1	237.0
Solidos Disueltos Totales	mg/L	67.3	58.1	73.3	142.2
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	0.3995	0.2175	0.3895	0.3890
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	102.410	58.520	87.780	73.150
Fosfatos	ppm PO ₄	0.971	0.608	1.017	0.519
DBO ₅	mg/L de O ₂	32.53	33.27	32.70	245.07
DQO	mg/L de O ₂	135.90	4.8	46.38	31.99

A continuación, mostramos los resultados de la segunda etapa de muestreo para los parámetros fisicoquímicos. Ver tabla N°04.

Tabla N°04. Resultados de la segunda etapa de muestreo

PARÁMETROS	UNIDADES	PUNTO DE MUESTREO			
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
pH	pH	9.89	7.24	7.13	7.09
Temperatura	°C	15.8	16.8	16.3	15.9
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.27	5.75	4.82	3.27
Conductividad eléctrica	μS/cm ²	157.9	88.2	106.5	325.0
Solidos Disueltos Totales	mg/L	94.7	52.9	63.9	195.0
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	0.7365	0.1210	0.1735	0.3090
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	117.040	43.890	58.520	43.890
Fosfatos	ppm PO ₄	0.995	0.079	0.134	0.063
DBO ₅	mg/L de O ₂	21.80	15.12	20.72	50.23
DQO	mg/L de O ₂	155.9	0.7	0.7	0.7

En la tabla N°05 se muestra la tercera etapa de muestreo para los 10 parámetros fisicoquímicos.

Tabla N°05. Resultados de la tercera etapa de muestreo

PARÁMETROS	UNIDADES	PUNTO DE MUESTREO			
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
pH	pH	9.43	7.11	7.49	7.35
Temperatura	°C	19.4	16.5	16.8	16.9
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.64	3.02	3.69	3.21
Conductividad eléctrica	μS/cm ²	274.0	237.0	293.0	469.0
Sólidos Disueltos	mg/L	164.4	142.2	175.8	281.4
Totales					
Sólidos Suspendidos	mg/L	4.9900	0.4700	0.2050	0.3100
Totales					
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	102.410	73.150	87.780	131.670
Fosfatos	ppm PO ₄	1.208	0.148	1.819	0.635
DBO ₅	mg/L de O ₂	29.52	30.07	21.90	98.93
DQO	mg/L de O ₂	265.70	32.9	0.7	0.7

En la tabla N°06 se muestra los resultados de la última etapa de muestro para los 10 parámetros fisicoquímicos.

Tabla N°06. Resultados de la cuarta etapa de muestreo

PARÁMETROS	UNIDADES	PUNTO DE MUESTREO			
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
pH	pH	9.77	7.83	7.21	7.37
Temperatura	°C	17	14.9	14.6	14.2
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.26	8.5	5.65	2.60
Conductividad eléctrica	μS/cm ²	203.0	119.4	125.7	282.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	121.8	71.6	75.4	169.2
Sólidos Suspendidos	mg/L	0.8420	0.3165	0.1575	0.1860
Totales					
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	102.410	73.150	58.520	58.520
Fosfatos	ppm PO ₄	1.288	0.717	0.722	0.009
DBO ₅	mg/L de O ₂	28.68	30.95	22.73	62.00
DQO	mg/L de O ₂	1332.00	67.5	0.44	0.7

5.1. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se realizó con el análisis de varianza para comparar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos entre los puntos de muestreo a

continuación mostramos cuadro de análisis de varianza para los 10 parámetros fisicoquímicos analizados.

Tabla N°07. Análisis de varianza.

PARÁMETROS	ANÁLISIS DE VARIANZA		DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA	
	F	P	Punto de Muestreo > Parámetro	Punto de muestreo < Parámetro
pH	19.30 **	0.0001	1	3,4,2
Temperatura	1.88 ^{ns}	0.1876		Igual
Oxígeno Disuelto	2.95 ^{ns}	0.7559		Igual
Conductividad eléctrica	4.34*	0.0274	4	1,3,2
Sólidos Disueltos	4.37*	0.0274	4	1,3,2
Totales				
Sólidos suspendidos totales	1.82 ^{ns}	0.197		Igual
Alcalinidad	2.79 ^{ns}	0.0862		Igual
Fosfatos	3.51*	0.0493	1	2,4,3
DBO5	3.64*	0.0416	4	1,3,2
DQO	2.51 ^{ns}	0.1085		Igual

Fuente: elaboración propia con el programa statistix8

P<0.01 ** (altamente significativo a un 1%), P<0.05 * (diferencias significativas a un 5%), P>0.05^{ns} (no hay diferencia significativa).

Resultados de las aguas contaminadas de acuerdo al BDO y DQO. Ver tabla N°08

Tabla N°08. Resultados de los primeros puntos de muestreo durante los cuatro momentos del muestreo.

Muestra M ₁	Parámetro	ECA Categoría N°01
13.90		
155.90	DQO	20
265.70 ₁		
133.32		
21.80		
29.52	DBO5	5
28.68		
32.53		

Resultados del procesamiento de datos para determinar el grado de contaminación.

Se determinó el grado de contaminación de acuerdo a los puntos de muestreo M₁, comparándose con los estándares de calidad ambiental (ECA), categoría 1: Poblacional y

Recreacional de la Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Ver tabla N°09.

Tabla N°09. Procesamiento estadístico para determinar el grado de contaminación

Parámetros	T -Student	P	Límite establecido por ECA	Resultado
DBO5	4.86**	0.0083	5	>5
DQO	10.20**	0.0010	20	>20

P<0.01 ** (altamente significativo), DBO5 cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica por lo tanto altamente contaminado al estar por encima del ECA>5, DQO cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica >20 que establece el ECA.

VI. DISCUSIÓN

El tratamiento de aguas residuales involucra a tratamientos biológicos y se han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas (Valderrama, 1996).

De acuerdo a los resultados obtenidos para el tratamiento de las aguas producto de la lavandería nos lleva pensar en la Asamblea General de las Naciones Unidas, en el marco del Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” (2005-2015), proclamó el 2013 como el Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua con el objetivo de instar a la comunidad internacional a generar oportunidades de vinculación en la gestión de ese recurso. Para ello, proponen trabajar de manera conjunta para crear confianza y respeto mutuo entre los usuarios con el fin de promover la paz, la seguridad y el crecimiento económico sostenible en nuestros pueblos. (Castilla, 2013).

Con respecto a los resultados obtenidos de pH final obtenido en el tratamiento M₄ en la primera etapa nos arroja un resultado de 8.19, en la segunda etapa del tratamiento M₄ nos arroja un resultado de 7.04, en la tercera etapa del tratamiento M₄ nos da un valor de 7.35 mientras tanto en la cuarta etapa del tratamiento nos da un valor de 7.37. Siendo efectivo los filtros biológicos en reducción de pH.

Mientras tanto el Oxígeno disuelto de las muestras finales M₄ nos arroja 3.43, 3.27, 3.21, 2.60, mg/L respectivamente. Por otro lado tenemos la conductividad eléctrica del agua jabonosa en los cuatro puntos de muestreo nos da un resultado de 2.37, 325.0, 469.0, 282.0 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$.

En México con la finalidad de estudiar el nivel de contaminación del río San Pedro y la probable infiltración de contaminantes al acuífero del Valle de Aguascalientes, se tomaron muestras de agua para determinar el DQO y DBO₅ en sitios seleccionados a lo largo del río determinándose una alta contaminación (Guzmán, et al., 2011). Con respecto a las aguas jabonosas al DBO₅ nos arroja valores muy altos en las cuatro etapas de muestreo siendo; 245.07 mg/L, 50.23 mg/L, 98.93 mg/L, 62.00 mg/L de O₂. Viéndose una gran influencia de los filtros biológicos en la materia orgánica. En tal sentido el parámetro de DQO nos demuestra una gran eficiencia al arrojarnos los siguientes resultados finales de la muestra M₄; 31.99 mg/L, 0.7 mg/L, 0.7 mg/L, 0.7 mg/L.

En Puno para el tratamiento de aguas analizaron los parámetros de DBO₅ DQO y conductividad eléctrica, donde los resultados indicaron que sobrepasan los límites

permisibles, por tanto la bahía de Puno se encuentra en proceso de eutrofización (Monroy, et al., 2016). Mientras tanto en esta investigación se realizó el análisis de varianza para cada uno de los parámetros de pH: donde muestra que para el punto de muestreo M₁ en las cuatro repeticiones tiene un valor altamente significativo, por estar el agua jabonosa en condiciones normales sin tratamiento. Mientras que en los puntos de muestreo M₃, M₄ y M₂ nos muestra parámetros iguales y con valores bajos por ser el agua jabonosa ya tratada. Para la temperatura; No existe diferencia significativa en los cuatro puntos de muestreo, tiene un comportamiento similar. Para conductividad eléctrica (Ce): Nos muestra que para el punto de muestreo número M₄ tiene un valor alto, mientras que para los puntos de muestreo M₁, M₃ y M₂ son significativamente diferentes el uno del otro.

Con respecto a Sólidos disueltos Totales; nos da entender que para el punto de muestreo M₄ los sólidos disueltos totales que son la suma de sedimentos presentes en agua en este sentido el punto M₄ es mayor a los puntos M₁, M₃ y M₂. Mientras tanto con los Sólidos suspendidos totales: No hay diferencia significativa en los 4 puntos de muestreo todos tienen un comportamiento igual.

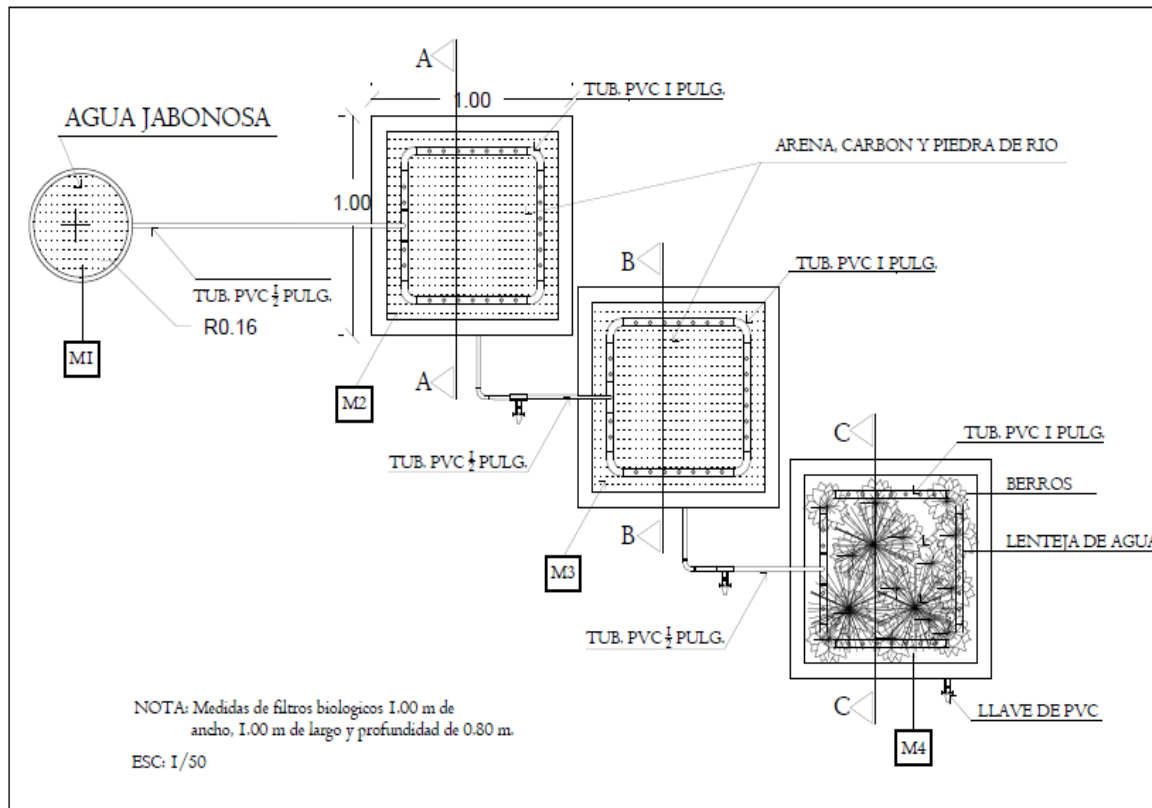
Para la Alcalinidad; No hay diferencia en los 4 puntos de muestreo con un comportamiento igual. Para fosfatos: El punto de muestreo número M₁ arroja un valor alto por ser el punto de muestreo inicial, mientras tanto los puntos de muestreo M₃, M₂ y M₄.

En lo que es DBO₅; En el punto de muestreo número cuatro se muestra un valor muy alto a diferencia de los puntos de muestreo M₁, M₃ y M₂. Y en el DQO los puntos de muestreo tuvieron un comportamiento similar de O₂.

VII. CONCLUSIONES

- ✓ Se caracterizó las aguas jabonosas del internado la Alianza Alemana al analizarse los 10 parámetros fisicoquímicos que son; el pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad eléctrica, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Alcalinidad, Fosfatos, DBO5, DQO. En este sentido el pH en el punto de muestreo M₁ tiene diferencia significativa con respecto a los puntos de muestreo M₃, M₄, M₂. Mientras tanto para la temperatura y oxígeno disuelto tiene un comportamiento igual, con respecto a la conductividad eléctrica y los STD, tiene un comportamiento significativo en el punto de muestreo M₄. Y los SST, Alcalinidad y DQO tienen un comportamiento similar la cual no indica una diferencia.
- ✓ Se determinó una contaminación altamente significativa de las aguas jabonosas en condiciones normales al tener un elevado DBO5 y DQO por encima de lo estipulado en los estándares de calidad ambiental.
- ✓ Se diseñó el sistema de reutilización, purificación biológica de aguas jabonosas que consta de un recipiente de 200 litros para captar el agua en condiciones normales y luego se pasó a los tres filtros diseñados con mediditas de 100 cm de ancho por 100 cm de largo y una profundidad de 60 cm; donde los tres filtros están a base de piedra de río, carbón y arena, diferenciándose el filtro final que se le agregó plantas de lenteja de agua y berros. Ver imagen N°02

Figura N°02. Sistema del filtro biológico



VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las instituciones públicas y privadas, investigar acerca de las aguas grises y realizar filtros biológicos ya que estos son amigables con el medio ambiente de esta manera se contribuye con el ahorro del agua.

Se sugiere al gobierno nacional la implementación de este tipo de proyectos para las zonas rurales que no tienen saneamiento y vierten sus aguas directamente sin ningún tratamiento afectando los suelos y la vegetación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, m. V. F. Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile, 142.
- Arias-Lizárraga, D. M., & Méndez-Gómez, E. (2014). Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(3), 115-123.
- Beltrán-Álvarez, R., Ramírez-Lozano, J. P., & Sánchez-Palacios, J. (2012). Comportamiento de la temperatura y el oxígeno disuelto en la presa Picachos, Sinaloa, México. *Hidrobiológica*, 22(1), 94-97.
- Carmenates Hernández, D., Hidalgo Rosa, Y., Osbert Nurse, E., Mujica Cervantes, A., & Paneque Rondón, P. (2013). Influencia de la calidad del agua para el riego en las obturaciones de los emisores en Ciego de Ávila. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 36-38.
- Castilla, F. (2013). H2O: calidad de vida y producción: Contar con fuentes mejoradas de agua es, para muchas comunidades del mundo, un requisito para poder decidir firmemente cómo vivir y qué producir. Un recurso estratégico para alcanzar la Seguridad Alimentaria. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 39(1), 08-13.
- Corrales, J. M. R. (2006). Historia del jabón y los detergentes., 6.
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (s. f.). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos, 22.
- Golato, M. A., Morales, W. D., Méndez, H. S., Feijóo, E. A., & Paz, D. (2012). Monitoreo de emisiones de material particulado de chimeneas de generadores de vapor de la industria azucarera en Tucumán, R. Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 89(1), 11-19.
- Gutiérrez, D. C. Q., Ariza, T. A. M., & González, A. V. (s. F.). Reutilización de agua en construcciones verticales, 12.
- Guzmán-Colis, G., Ramírez-López, E., Thalasso, F., Rodríguez-Narciso, S., & Guerrero-barrera, a. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río san pedro en el estado de aguascalientes, 16.
- Hernández-Ayón, J. M., Zirino, A., Marinone, S. G., Canino-Herrera, R., & Galindo-Bect, M. S. (2003). Relación pH-densidad en el agua de mar. *Ciencias marinas*, 29(4), 497-508.

- Hettiarachchi, H., & Ardakanian, R. (s. f.). Uso seguro de aguas residuales en la agricultura: ejemplos de buenas prácticas, 338.
- Juárez, J. M. D., & Rodríguez, A. T. (s. f.). Los problemas del Introducción abastecimiento de La disponibilidad del agua agua potable en una es un problema actual y complejo en el que intervie- ciudad media ne una serie de factores que van más allá del incremen-, (36), 34.
- Lago, L., María, A., Mosquera Pan, L., Onandia Garate, M., & Tizón Bouza, E. (2016). La lenteja de parto: un recurso favorecedor de la movilidad pélvica. *Ene*, 10(1), 0-0.
- LAS AGUAS JABONOSAS. Manual de buenas prácticas - PDF. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2018, de <http://docplayer.es/10413601-Las-aguas-jabonosas-manual-de-buenas-practicas.html>
- Marmolejo, c. L. S. (s. F.). Tratamiento de aguas residuales municipales en el valle del cauca, 119.
- Martelo, J., & Lara Borrero, J. L. B. (2012). Floating macrophytes on the wastewater treatment: a state of the art review. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.8.15.11>
- Meoño, J. F. L.-, Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (s. f.). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú, 18.
- Monroy, J., Lliberto, L., Huarcaya, J., Adolfo, F., & Ibañez Quispe, V. (2016). Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos Macrófitas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18(4), 403-410. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.232>
- Muñoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suárez, J., García, E., Neria, M., & Jiménez, J. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(5), 59-74.
- Murcia-Sarmiento, M. L., Calderón-Montoya, O. G., & Díaz-Ortiz, J. E. (2014). Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo. *TecnoLógicas*, 17(32), 57. <https://doi.org/10.22430/22565337.204>
- Núñez, L., Molinari, C., Paz, M., Tornello, C., Mantovano, J., & Moretton, J. (2014). Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(4), 341-350.

- Pérez Quintero, F., Guardia Pueblas, Y., & Rodríguez Pérez, S. (2017). La fitoremediación para el tratamiento de aguas de piscinas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 101-113.
- Regla, I., Vélez, E. V., Humberto, D., Amaya, C., & Neri, A. C. (2014). LA QUÍMICA DEL JABÓN Y ALGUNAS APLICACIONES, 15, 15.
- Rodríguez, D. A. O. (s. f.). Dr. Juan José Guevara González Presidente, 133.
- Rueda-Jasso, R. A., De los Santos-Bailón, A., Fuentes-Farias, A. L., & Gutierrez-Ospina, G. (2014). Toxicidad letal y subletal del fosfato de sodio dibásico y efectos en branquias y conducta de las crías del pez goodeido *Skiffia multipunctata*. *Hidrobiológica*, 24(3), 207-214.
- Saldaña-Fabela, M. del P., Díaz-Pardo, E., & Gutiérrez-Hernández, A. (2011). Diagnóstico de la calidad del agua en un sistema de embalses en cascada, cuenca del río San Juan, Querétaro, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(3), 115-126.
- Sánchez-Rivera, W., & Arias-Lafargue, T. (2018). Propuesta de mejoras en sistemas de tratamiento de residuales en la Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 38(1), 85-100.
- Silva, J., & Torres, P. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión, 14.
- Tangerino, E. P., Araujo, L. M. R., & Borges, R. M. (2013). EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS USANDO CARBÓN ACTIVADO GRANULAR Y MANTAS SINTÉTICAS NO TEJIDAS, 38, 8.
- Trujillo, E., Martínez, V., & Flores, N. S. (2008). Ajuste del Equilibrio Químico del Agua Potable con Tendencia Corrosiva por Dióxido de Carbono. *Información tecnológica*, 19(6), 89-101. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000600010>
- Valderrama, L. T. V. (1996). Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agro industriales. *Universitas Scientiarum*, 3(1-2), 83-97.
- Villanueva, A. A. C., & López, H. E. F. (s. f.). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. . *ISSN*, 14.

ANEXOS

Anexo N°01. Matriz de información para el procesamiento de datos.

P	Repetición	pH	T°	OD	Ce	SDT	SST	Alcalinidad	Fosfatos	DBO 5	DQO
1	1	9.1	26.	7.1	112.		0.399				135.9
		4	2	5	1	67.3	5	102.410	0.971	32.53	0
1	2	9.8	15.	8.2	157.		0.736				
		9	8	7	9	94.7	5	117.040	0.995	21.80	155.9
1	3	9.4	19.	3.6	274.	164.	4.990				265.7
		3	4	4	0	4	0	102.410	1.208	29.52	0
1	4	9.7		7.2	203.	121.	0.842				
		7	17	6	0	8	0	102.410	1.288	28.68	1332
2	1	7.4	17.	7.8			0.217				
		8	4	6	96.8	58.1	5	58.520	0.608	33.27	4.8
2	2	7.2	16.	5.7			0.121				
		4	8	5	88.2	52.9	0	43.890	0.079	15.12	0.7
2	3	7.1	16.	3.0	237.	142.	0.470				
		1	5	2	0	2	0	73.150	0.148	30.07	32.9
2	4	7.8	14.		119.		0.316				
		3	9	8.5	4	71.6	5	73.150	0.717	30.95	67.5
3	1	8.5	16.	7.7	122.		0.389				
		6	4	5	1	73.3	5	87.780	1.017	32.70	46.38
3	2	7.1	16.	4.8	106.		0.173				
		3	3	2	5	63.9	5	58.520	0.134	20.72	0.7
3	3	7.4	16.	3.6	293.	175.	0.205				
		9	8	9	0	8	0	87.780	1.819	21.90	0.7
3	4	7.2	14.	5.6	125.		0.157				
		1	6	5	7	75.4	5	58.520	0.722	22.73	0.44
4	1	8.1	17.	3.4		142.	0.389				245.0
		9	2	3	237	2	0	73.150	0.519	7	31.99
4	2	7.0	15.	3.2	325.	195.	0.309				
		9	9	7	0	0	0	43.890	0.063	50.23	0.7
4	3	7.3	16.	3.2	469.	281.	0.310				
		5	9	1	0	4	0	131.670	0.635	98.93	0.7
4	4	7.3	14.	2.6	282.	169.	0.186				
		7	2	0	0	2	0	58.520	0.009	62.00	0.7

Anexo N°02. Resultados del procesamiento de datos.

Análisis de varianza para el pH

Statistix 8.0

11/07/2018, 08:22:32 a.m.

Completely Randomized AOV for pH

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	12.7152	4.23842	19.3	0.0001
Error	12	2.6367	0.21972		
Total	15	15.3519			

Grand Mean 8.0175 CV 5.85

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	1.87	3	0.5998
Cochran's Q	0.4956		
Largest Var / Smallest Var	4.3541		

Component of variance for between groups 1.00467
Effective cell size 4.0

PM Mean

1 9.5575
2 7.4150
3 7.5975
4 7.5000

Observations per Mean 4
Standard Error of a Mean 0.2344
Std Error (Diff of 2 Means) 0.3315

Análisis de varianza para la Temperatura (T°)

Completely Randomized AOV for T

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	35.887	11.9623	1.88	0.1876
Error	12	76.557	6.3798		
Total	15	112.444			

Grand Mean 17.019 CV 14.84

	Chi-Sq	DF	P
Bartlett's Test of Equal Variances	9.63	3	0.0220
Cochran's Q	0.8464		

Largest Var / Smallest Var 22.757

Component of variance for between groups 1.39562
Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 19.600
- 2 16.400
- 3 16.025
- 4 16.050

Observations per Mean 4
Standard Error of a Mean 1.2629
Std Error (Diff of 2 Means) 1.7860

Análisis de Varianza para el Oxígeno disuelto

Completely Randomized AOV for OD

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	29.3483	9.78277	2.95	0.0759
Error	12	39.8386	3.31989		
Total	15	69.1869			

Grand Mean 5.3669 CV 33.95
Chi-Sq DF P
Bartlett's Test of Equal Variances 6.65 3 0.0840
Cochran's Q 0.4602
Largest Var / Smallest Var 46.194

Component of variance for between groups 1.61572
Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 6.5800
- 2 6.2825
- 3 5.4775
- 4 3.1275

Observations per Mean 4
Standard Error of a Mean 0.9110
Std Error (Diff of 2 Means) 1.2884

Análisis de Varianza para la Conductividad eléctrica

Completely Randomized AOV for Ce

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	88894	29631.4	4.34	0.0274
Error	12	82015	6834.6		
Total	15	170910			

Grand Mean 203.04 CV 40.72
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 0.56 3 0.9066
 Cochran's Q 0.3693
 Largest Var / Smallest Var 2.1207

Component of variance for between groups 5699.18
 Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 186.75
- 2 135.35
- 3 161.83
- 4 328.25

Observations per Mean 4
 Standard Error of a Mean 41.336
 Std Error (Diff of 2 Means) 58.458

**Análisis de varianza para solidos totales disueltos.
 Completely Randomized AOV for SDT**

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	32004.1	10668.0	4.34	0.0274
Error	12	29523.3	2460.3		
Total	15	61527.4			

Grand Mean 121.83 CV 40.72
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 0.56 3 0.9066
 Cochran's Q 0.3693
 Largest Var / Smallest Var 2.1216

Component of variance for between groups 2051.94
 Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 112.05
- 2 81.20
- 3 97.10
- 4 196.95

Observations per Mean 4
 Standard Error of a Mean 24.801
 Std Error (Diff of 2 Means) 35.073

**Análisis de varianza para solidos suspendidos totales.
Completely Randomized AOV for SST**

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	6.5068	2.16892	1.82	0.1970
Error	12	14.2950	1.19125		
Total	15	20.8018			

Grand Mean 0.6383 CV 171.00
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 32.6 3 0.0000
 Cochran's Q 0.9915
 Largest Var / Smallest Var 672.05

Component of variance for between groups 0.24442
 Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 1.7420
- 2 0.2813
- 3 0.2314
- 4 0.2985

Observations per Mean 4
 Standard Error of a Mean 0.5457
 Std Error (Diff of 2 Means) 0.7718

Análisis de varianza para alcalinidad.

Completely Randomized AOV for Alcalinidad

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	4213.9	1404.62	2.79	0.0862
Error	12	6046.5	503.88		
Total	15	10260.4			

Grand Mean 79.551 CV 28.22
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 7.05 3 0.0703
 Cochran's Q 0.7345
 Largest Var / Smallest Var 27.667

Component of variance for between groups 225.185
 Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 106.07
- 2 62.18
- 3 73.15
- 4 76.81

Observations per Mean 4
 Standard Error of a Mean 11.224
 Std Error (Diff of 2 Means) 15.873

Análisis de Varianza para Fosfatos
Completely Randomized AOV for Fosfatos

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	1.89373	0.63124	3.51	0.0493
Error	12	2.15888	0.17991		
Total	15	4.05261			

Grand Mean 0.6832 CV 62.08
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 5.60 3 0.1328
 Cochran's Q 0.6830
 Largest Var / Smallest Var 20.004

Component of variance for between groups 0.11283
 Effective cell size 4.0

PM Mean

- 1 1.1155
- 2 0.3880
- 3 0.9230
- 4 0.3065

Observations per Mean 4
 Standard Error of a Mean 0.2121
 Std Error (Diff of 2 Means) 0.2999

Análisis de varianza para demanda bioquímica de oxígeno.
Completely Randomized AOV for DBO5

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	22940.9	7646.98	3.74	0.0416
Error	12	24535.1	2044.59		
Total	15	47476.1			

Grand Mean 48.514 CV 93.20
 Chi-Sq DF P
 Bartlett's Test of Equal Variances 28.5 3 0.0000

Cochran's Q 0.9854
Largest Var / Smallest Var 392.08

Component of variance for between groups 1400.60
Effective cell size 4.0

PM Mean

1 28.13
2 27.35
3 24.51
4 114.06

Observations per Mean 4
Standard Error of a Mean 22.609
Std Error (Diff of 2 Means) 31.973

Completely Randomized AOV for DQO

Source	DF	SS	MS	F	P
PM	3	626423	208808	2.51	0.1087
Error	12	1000205	83350		
Total	15	1626628			

Grand Mean 129.86 CV 222.33
Chi-Sq DF P
Bartlett's Test of Equal Variances 36.9 3 0.0000
Cochran's Q 0.9948
Largest Var / Smallest Var 1355.1

Component of variance for between groups 31364.3
Effective cell size 4.0

PM Mean

1 472.38
2 26.47
3 12.06
4 8.52

Observations per Mean 4
Standard Error of a Mean 144.35
Std Error (Diff of 2 Means) 204.15

Análisis de diferencia mínima significativa (LSD)

Análisis de diferencia mínima significativa para el pH

Statistix 8.0 11/07/2018, 08:35:30 a.m.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of pH by PM

PM Mean Homogeneous Groups

1 9.5575 A
3 7.5975 B
4 7.5000 B
2 7.4150 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3315
Critical T Value 2.179 Critical Value for Comparison 0.7222
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Análisis de diferencia mínima significativa para la conductividad eléctrica

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Ce by PM

PM Mean Homogeneous Groups

4 328.25 A
1 186.75 B
3 161.83 B
2 135.35 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 58.458
Critical T Value 2.179 Critical Value for Comparison 127.37
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Análisis de diferencia mínima significativa para solidos disueltos totales

LSD All-Pairwise Comparisons Test of SDT by PM

PM Mean Homogeneous Groups

4 196.95 A
1 112.05 B
3 97.100 B
2 81.200 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 35.073
Critical T Value 2.179 Critical Value for Comparison 76.418
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Análisis de diferencia mínima significativa para Fosfatos

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Fosfatos by PM

PM Mean Homogeneous Groups

1 1.1155 A
3 0.9230 AB
2 0.3880 B
4 0.3065 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2999
Critical T Value 2.179 Critical Value for Comparison 0.6535
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

Análisis de diferencia mínima significativa para demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

LSD All-Pairwise Comparisons Test of DBO5 by PM

PM Mean Homogeneous Groups

4 114.06 A
1 28.133 B
2 27.352 B
3 24.512 B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 31.973
Critical T Value 2.179 Critical Value for Comparison 69.664
There are 2 groups (A and B) in which the means
are not significantly different from one another.

DQO M1

Statistix 8.0

22/08/2018, 08:50:06 a.m.

One-Sample T Test

Null Hypothesis: $\mu = 20$

Alternative Hyp: $\mu > 20$

95% Conf Interval

Variable	Mean	SE	Lower	Upper	T	DF	P
DQOM1	172.70	31.406	72.756	272.65	4.86	3	0.0083

Cases Included 4 Missing Cases 0

DBO5 M1

Statistix 8.0

22/08/2018, 08:52:06 a.m.

One-Sample T Test

Null Hypothesis: $\mu = 5$

Alternative Hyp: $\mu > 5$

95% Conf Interval

Variable	Mean	SE	Lower	Upper	T	DF	P
DBO5M1	28.107	2.2650	20.899	35.316	10.20	3	0.0010

Cases Included 4 Missing Cases 0

Anexo N° 03. Panel Fotográfico



Fotografía 01. Construcción de los biofiltros



Fotografía 02. Sistema terminado



Fotografía 03. Sistema en funcionamiento



Fotografía 04. Sistema en funcionamiento



Fotografía 05. Toma de datos



Fotografía 06. Recojo de muestras



Fotografía 07. Sistema rotulado



Fotografía 08. Reactivos para determinación del DBO5



Fotografía 09. Lectura del oxígeno disuelto