



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



“EFICIENCIA DE *Eichornia spp* Y *Lemna spp* NATIVAS EN HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA REMOCIÓN DE SULFONATO DE ALQUILBENCENO LINEAL DE LOS DETERGENTES PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, MOYOBAMBA -2017”.

**Tesis para optar el título profesional de
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Bach. María Tánia Herrera Pedraza

ASESOR:

Blgo. M.Sc Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Código N°6052817

Tarapoto – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“Eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba -2017”.

PRESENTADO POR

Bach. María Tánia Herrera Pedraza

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 11 de abril del 2018

A blue ink signature of Julio César DE LA ROSA RÍOS, consisting of a stylized 'J' and 'R'.

.....
Ing. M.Sc. Julio César DE LA ROSA RÍOS

Presidente

A blue ink signature of Juan José PINEDO CANTA, featuring a stylized 'J' and 'P'.

.....
Ing. Juan José PINEDO CANTA

Secretario

A blue ink signature of Ronald JULCA URQUIZA, with a stylized 'R' and 'U'.

.....
Lic. M.Sc. Ronald JULCA URQUIZA

Miembro

A blue ink signature of Luis Eduardo RODRIGUEZ PEREZ, with a stylized 'L' and 'R'.

.....
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo RODRIGUEZ PEREZ.

Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

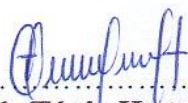
Yo, **María Tánia Herrera Pedraza**, identificada con DNI N° 48591206, egresada de la Facultad de Ecología, en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto, con la tesis titulada “**Eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba -2017**”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener grado académico previo o título profesional
4. Los datos representados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios de plagio (al no citar información con autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otra persona de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto.

Moyobamba, 11 de mayo del 2018.


.....
María Tánia Herrera Pedraza
DNI N° 48591206



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Herrera Pedraza María Tania	
Código de alumno :	125137	Teléfono: 938766471
Correo electrónico :	marialof_24@hotmail.com	DNI: 48591206

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas en humedales artificiales en la remoción de sulfonato de alquilbenzeno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba - 2017
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

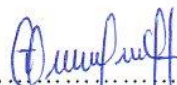
7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

14 / 05 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi mejor amigo en mis momentos más difíciles que tuve que atravesar.

A mis padres por confiar en mí y apoyarme desinteresadamente cada instante de mi vida.

Y a todos los lectores de la presente tesis que sea usado como antecedente para mejores investigaciones.

María Tánia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza necesaria para seguir de pie y luchar por mis objetivos, pese a los obstáculos presentados en el trayecto.

A mis padres Wilson Herrera Guevara y María Elena Pedraza Carrasco por ser mi soporte y motivo de lucha, por ser mis mejores aliados en momentos difíciles y por ser valientes para enfrentar las crisis acontecidas. A mis hermanas Mileny Herrera Pedraza y Diana Herrera Pedraza por ser mis mejores amigas y darme respaldo en mis problemas.

A mis abuelitos y tíos por creer en mí, apoyarme en cada logro y celebrar conmigo mis bendiciones A mi asesor Blgo. M.Sc Luis Eduardo Rodríguez Pérez por su orientación y ayuda en la realización de mi tesis y por su amistad grandiosa durante mi formación profesional.

A mi mejor amiga Gianina Peña Erazo por su gran amistad durante toda mi vida universitaria, a Katherine Saavedra, Junior Mendoza por su apoyo moral e incondicional, a Gerson Díaz por confiar en mí y orientarme cada vez que las cosas no salían como esperaba, a Jody Sangama por apoyarme desinteresadamente y a todos mis amigos que de una u otra forma estuvieron ahí impulsándome a seguir y apoyándome en momentos buenos y malos.

María Tánia.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Bases teóricas.....	5
1.3. Definición de términos básicos.....	13
CAPITULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	15
2.1. Tipo de método de la investigación.....	15
2.2. Diseño de investigación.....	15
2.3. Población y muestra.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	22
3.1. Resultado 1:.....	22
3.2. Resultado 2:.....	27
3.3. Resultado 3:.....	41
3.4. Discusión de resultados.....	41
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Parámetros de evaluación y método aplicado</i>	19
Tabla 2: <i>Caracterización de las aguas domésticas respecto al sulfonato de alquibenceno lineal</i>	22
Tabla 3: <i>Concentraciones de parámetros (Turbidez, Solidos Totales en Suspensión, DBO) pre tratamiento</i>	23
Tabla 4: <i>Concentraciones de parámetros (Turbidez, Solidos Totales en Suspensión, DBO) pos tratamiento</i>	24
Tabla 5: <i>Caracterización de las aguas domésticas en el grupo control (T₀) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Solidos totales en suspensión y DBO)</i>	25
Tabla 6: <i>Caracterización de las aguas domésticas al ser tratadas con Lemna spp (T₁) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Solidos totales en suspensión y DBO)</i>	25
Tabla 7: <i>Caracterización de las aguas domésticas al ser tratadas con Eichornia spp (T₂) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Solidos totales en suspensión y DBO)</i>	26
Tabla 8: <i>Caracterización de las aguas domésticas al ser tratadas con Lemna spp y Eichornia spp (T₃) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Solidos totales en suspensión y DBO)</i>	27
Tabla 9: <i>Cantidad de sulfonato de alquibenceno lineal removido</i>	28
Tabla 10: <i>Porcentaje de sulfonato de alquibenceno lineal removido</i>	29
Tabla 11: <i>Comparación de concentraciones con los LMP (T₀)</i>	30
Tabla 12: <i>Comparación de concentraciones con los LMP -Lemna spp (T₁)</i>	31
Tabla 13: <i>Comparación de concentraciones con los LMP -Eichornia spp (T₂)</i>	32
Tabla 14: <i>Comparación de concentraciones con los LMP -Lemna spp y Eichornia spp (T₃)</i>	32
Tabla 15: <i>Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto al contenido de sulfonato de alquibenceno lineal al 5% de significancia</i>	33
Tabla 16: <i>Matriz de diferencias para determinar el tratamiento óptimo respecto a la remoción de sulfonato de alquibenceno lineal, según la prueba de comparación múltiple de Duncan</i>	34

Tabla 17: <i>Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto a la turbidez.....</i>	35
Tabla 18: <i>Matriz de diferencias para determinar el tratamiento óptimo respecto a la turbidez, según la prueba de comparación múltiple de Duncan</i>	36
Tabla 19: <i>Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto a los sólidos totales en suspensión</i>	37
Tabla 20: <i>Matriz de diferencias para determinar el tratamiento optimo respecto a los sólidos totales en suspensión, según la prueba de comparación múltiple de Duncan</i>	38
Tabla 21: <i>Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto a la demanda bioquímica de oxígeno.....</i>	39
Tabla 22: <i>Matriz de diferencias para determinar el tratamiento optimo respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, según la prueba de comparación múltiple de Duncan</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Porcentajes obtenidos en laboratorio en cuanto a la remoción del tensoactivo aniónico (LAS) de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas.....	30
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

RESUMEN

La investigación desarrollada en la urbanización Los Jardines, ciudad de Moyobamba en el año 2017, plantea que el tratamiento por fitorremediación acuática con *Lemna spp* y *Eichornia spp* reduce considerablemente la concentración de LAS generados por los detergentes, en ese sentido el objetivo fue evaluar la capacidad depurativa de *Lemna spp* y *Eichornia spp* a nivel piloto, obteniéndose buenos resultado en eficiencia de remoción. La evaluación de los humedales artificiales con macrófitas acuáticas se realizó durante tres meses, tomando muestras iniciales y finales. En cuanto a la caracterización de aguas residuales domésticas de la urbanización los jardines, los resultados muestran un 8,7mg/L de sulfonato de alquilbenceno lineal como concentración inicial y las concentraciones pos-tratamiento son: 4, 450 mg/L en promedio para T₀; 0.833mg/L en promedio para T₁; 0.690 mg/L en promedio para T₂; 0.547 en promedio para T₃. Los resultados experimentales muestran que el tratamiento más eficiente para la remoción de LAS es el T₃ (*Lemna spp* y *Eichornia spp*), tratamiento donde actúan ambas especies, alcanzando un 93,715% de eficiencia, seguidamente el tratamiento 2 con 92,184 %. Los indicadores de turbidez, solidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno fueron removidos en porcentajes mayores al 90%, considerado un resultado eficiente para estos parámetros. Al comparar los resultados obtenidos finales con los iniciales se demuestra que si existe una remoción del sulfonato de alquilbencemo lineal y de los demás parámetros estudiados. Finalmente el desempeño en el tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales utilizando las especies *Eichornia spp* y *Lemna spp* es un sistema de bajo costo en mantenimiento y cumple con los límites máximos permisibles que establece el ministerio del ambiente para evitar la contaminación ambiental, por lo tanto los resultados obtenidos concluyen que en la investigación existe eficiencia.

Palabras claves: Eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en humedales artificiales, remoción de sulfonato de alquilbenceno lineal, detergentes en aguas residuales domésticas, [Moyobamba] 2017.

ABSTRACT

The research developed in the urbanization Los Jardines, city of Moyobamba in 2017, states that the treatment by aquatic phytoremediation with *Lemna* spp and *Eichornia* spp considerably reduces the concentration of LAS generated by detergents, in this sense the objective was to evaluate the capacity purification of *Lemna* spp and *Eichornia* spp. at pilot level, obtaining good results in removal efficiency. The evaluation of artificial wetlands with aquatic macrophytes was carried out for three months, taking initial and final samples. Regarding the characterization of domestic wastewater from the urbanization gardens, the results show an 8.7mg / L of linear alkylbenzene sulfonate as initial concentration and the post-treatment concentrations are: 4, 450 mg / L on average for T0 ; 0.833mg / L on average for T1; 0.690 mg / L on average for T2; 0.547 on average for T3. The experimental results show that the most efficient treatment for the removal of LAS is T3 (*Lemna* spp and *Eichornia* spp), treatment where both species act, reaching 93.715% efficiency, followed by treatment 2 with 92.184%. The indicators of turbidity, total solids in suspension, biochemical oxygen demand were removed in percentages greater than 90%, considered an efficient result for these parameters. When comparing the final results with the initial results, it is shown that there is a removal of the linear alkylbenzene sulfonate and the other parameters studied. Finally, the performance in the treatment of domestic wastewater with artificial wetlands using the species *Eichornia* spp. And *Lemna* spp. Is a low maintenance system and complies with the maximum permissible limits established by the Ministry of the Environment to avoid environmental contamination, so Both the results obtained conclude that efficiency exists in research.

Key words: *Eichornia* spp. And *Lemna* spp. Efficacy in artificial wetlands, linear alkyl benzene sulphonate removal, detergents in domestic wastewater, [Moyobamba] 2017.



INTRODUCCIÓN

La producción de aguas residuales es un problema que preocupa a nivel mundial, por la gran cantidad de contaminantes que contiene y que son vertidas en la mayoría de los casos en los cuerpos de agua sin tratamiento alguno, causando alteraciones en los seres vivos presentes en los cuerpos receptores y en la calidad del agua.

Habiéndose observado que las lavanderías, los lavaderos de carros, y en las actividades domésticas utilizan grandes cantidades de detergentes, fue motivo para investigar el proceso de descontaminación por fitorremediación, en ese sentido el objetivo general fue determinar la eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, para ello se colectaron estas macrófitas de la zona y se determinó la concentración de este compuesto químico en laboratorio pre y post-tratamiento evaluando de esta forma la eficiencia de las macrófitas en la disminución de estas concentraciones.

Asimismo se propone objetivos específicos expresándose los propósitos a desarrollarse para el logro del objetivo general: -Caracterizar las aguas domésticas respecto a la concentración de Sulfonato de alquilbenceno lineal de detergentes presentes en las aguas residuales domésticas; -Determinar la capacidad de remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal entre *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas separadas y juntas en los humedales artificiales con referencia a los LMP; -Proponer un diseño metodológico para la remoción del Sulfonato de alquilbenceno lineal de las aguas residuales domésticas para la zona rural. Por otro lado la hipótesis de estudio fue: la presencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en humedales artificiales, es eficiente en la remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales doméstica.

Es importante rescatar también que esta tecnología es poco conocida por los habitantes y las autoridades locales, siendo muy útil para el tratamiento de múltiples parámetros que aún no son considerados en las plantas de tratamiento pero que afectan a los cuerpos de agua receptores. Este trabajo de investigación tiene un aporte muy valioso para la toma de decisiones en las autoridades, pues servirá como referencia las concentraciones de LAS en las aguas residuales y la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas.

En el primer capítulo se muestran las revisiones bibliográficas, utilizadas para una mejor comprensión del problema presentado y consecuente de las aguas residuales domésticas, composición de los detergentes, características morfológicas de las macrófitas acuáticas, tratamiento de aguas residuales, finalmente ventajas y desventajas de los humedales artificiales

En el segundo capítulo se presenta la metodología de la investigación teniendo como parte importante de este capítulo las técnicas de procesamiento y análisis de datos

En el tercer y último capítulo se detalla la parte más importante de la investigación, los resultados y discusiones, lo cual evidencia con datos reales las concentraciones pre y post tratamiento del sulfonato de alquilbenceno lineal.

CAPÍTULO I

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Antecedentes de investigación a nivel internacional

Yépez (2011) en la investigación “Remoción de detergentes de aguas residuales textiles empleando hongos seleccionados obtenidos a partir de efluentes de industria textil y evaluación de su tolerancia a metales pesados a nivel de laboratorio” afirma que los resultados de su investigación alcanzaron los porcentajes de remoción de detergentes necesarios para obtener la concentración máxima permitida por el texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULAS) y el Distrito Metropolitano de Quito, siendo así que las aguas residuales tratadas previamente con hongos son liberados a los cuerpos de aguas cumpliendo con las normas y parámetros permitidos por las leyes de Ecuador.

Poveda (2014) en la investigación “Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industriales y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua” concluye que la eficiencia de la fitorremediación con las especies vegetales “lenteja de agua” (*Lemna spp.*) y “Jacinto de agua” (*Eichornia crassipes*), es considerable demostrando con esto que en el caso del agua residual industrial la especie que presentó mejores resultados en cuanto a disminución de los parámetros físicos–químicos y microbiológicos así como en lo relacionado a viabilidad económica fue el “Jacinto de agua” y en el caso del agua residual de uso agrícola tanto la “lenteja de agua” (*Lemna spp.*) como el “Jacinto de agua” (*Eichornia crassipes*) dieron resultados muy similares.

1.1.2. Antecedentes de investigación a nivel nacional

Cantoral (2015) en su investigación “Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie “paragüitas” *Cyperus alternifolius* en humedales artificiales, urbanización zarate – San Juan de Lurigancho” concluye que el humedal artificial con la especie *Cyperus alternifolius* logró remover los contaminantes

físicos – químicos orgánicos de las aguas residuales grises domésticas. Es decir el humedal con la planta vegetal indicada presenta mayor eficiencia de remoción en los parámetros de turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Mientras que en el parámetro de sólidos suspendidos totales fue mayor la eficiencia para el humedal testigo (sin plantas).

Mendoza (2016) en su investigación “Fitorremediación acuática con *Myriophyllum aquaticum* para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc-Cajamarca” concluye que El *Myriophyllum aquaticum* tiene un potencial de bioacumulación muy alto llegando a describirlo como una metalófita acuática, su alta acumulación de Fe y Zn en su tejido la hace atractiva para tratamientos de remoción de metales pesados en toda su aplicación, el diseño del sistema y su aplicación al tratamiento por fitorremediación acuática resultó óptimo.

Saavedra (2017) en su Investigación “Aplicación de macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP” concluye que, Para el periodo de 6 meses de ensayos realizados, el sistema Filtro de Macrófitas por Flotación (FMF), en relación al modo convencional de tratamiento en la investigación realizada en la laguna facultativa secundaria de la UDEP, ha logrado presentar mayor eficiencia de remoción en los parámetros analizados de STS (72,78% vs -10,18%), DBO5 (65,18% vs 33,79%), DQO (57,18% vs 21,28%), coliformes fecales (95,52% vs 75,01 %), N total (30,56% vs 17,50%) y P total (6,18% vs 0,74%). Esto se ha conseguido a pesar de la reducida área activa empleada por el sistema FMF en comparación con la del sistema convencional (aprox. 7%), de la falta de maduración del filtro al iniciar los ensayos puesto que el sistema sólo llevaba implementado tres meses.

1.1.3. Antecedentes de investigación a nivel local

Tuesta (2014) en su investigación “ Evaluación de las especies *Lemna minor* L (“Lenteja de agua”) y *Eichornia crassipes* M.(“Jacinto de agua”) en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo” se logró determinar las eficiencias o porcentajes de remoción principalmente de materia orgánica biodegradable de los efluentes de piscigranjas

de la empresa acuícola Alto Mayo, mediante el cultivo de plantas acuáticas *Lemna minor* L “Lenteja de agua” y *Eichornia crassipes* M. “Jacinto de agua” en un sistema de planta piloto, realizando análisis de ciertos parámetros en los cuatro meses, logrando medir la carga orgánica el parámetro DBO,DQO, OD y SST Turbiedad, pH, Temperatura en los dos sistemas por tandas y continuo. El sistema que más eficiencia tuvo para lograr remover la materia orgánica biodegradable fue el sistema continuo siendo más eficiente el reactor 04 con plantas acuáticas *Lemna minor* y *Eichornia crassipes*, ya que sus raíces tienen la capacidad de remover los sólidos suspendidos totales del efluente de aguas de la piscigranja y logrando reproducirse las plantas al 100% total de los reactores.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Aguas residuales.

Son aguas ya utilizadas mediante una actividad humana que contienen contaminantes perjudicando al medio ambiente en especial a nuestro recurso hídrico. **(Romero, 2004).**

Las aguas residuales de forma general son una mezcla de todo efluente generado por diversas actividades antrópicas que son vertidas sin previo tratamiento ocasionando impactos negativos hacia el medio ambiente y la salud humana. **(Rolim, 2000)**

a. Fuentes de aguas residuales

Las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: aguas domésticas o urbanas, aguas residuales industriales, escorrentías de usos agrícolas, pluviales. La contaminación debida a los usos agrícolas así como las aguas pluviales de zonas urbanas está adquiriendo una gran importancia. Las escorrentías de usos agrícolas que arrastran fertilizantes (fosfatos) y pesticidas están empezando a construir una de las causas mayores de eutrofización de lagos y pantanos. Las aguas pluviales en zonas urbanizadas también pueden tener unos efectos contaminantes significativos. Normalmente las aguas residuales, tratadas o no, se descargan finalmente a un receptor de aguas superficiales que se considera medio receptor. **(Ramalho, 1996)**

b. agua residual doméstico

Comúnmente son aguas residuales generadas por las viviendas o actividades antrópicas domésticas tales como: Lavado de ropa, lavado de plato, limpieza de vehículos, etc. Las aguas residuales domésticas son de dos formas, aguas grises y aguas negras o fecales. Estas aguas presentan altos contenidos de materia orgánica, patógenos, detergentes, nutrientes de fósforo y nitrógeno. **(Romero, 2004)**

Aguas grises. Las aguas grises tienen como característica principal su color que es propiamente dicha “Gris”. Son generadas por las actividades domésticas del hombre tales como el lavado de ropa, duchas y bañeras. No se considera a los inodoros.

Aguas negras: Las aguas negras tienen como característica principal de color negro originada por los inodoros, lavaplatos y fregaderos con alta presencia de contaminantes orgánicos y patógenos. **(Romero, 2004)**

c. Características importantes de las aguas residuales

De la misma manera que en las aguas naturales se miden las características físicas, químicas, biológicas, en las aguas residuales también se mide dichos parámetros para establecer principalmente, las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultarían más eficaces y económicas. **(Cubillos, 1978)**

Ejemplos de los contaminantes asociados con el agua residual no tratada incluyen el agotamiento de oxígeno disuelto (medido Como DBO y DQO), sólidos desagradables a la vista y que provocan agotamiento de oxígeno (SST), nutrientes que provocan la eutrofización (N y P), químicos que ejercen toxicidad (NH₃, metales, orgánicos), químicos emergentes preocupantes y patógenos (bacterias y virus). **(Mihelcic, 2012)**

Mientras que los procesos de tratamiento son muy eficientes para la eliminación de patógenos y otros contaminantes, en el futuro cercano las Plantas de Tratamiento necesitarán preocuparse por la eliminación de otros químicos que se encuentran ahora en las Aguas residuales. Estos incluyen fragancias, tensoactivos encontrados en jabones y detergentes, químicos farmacéuticos, etc. **(Mihelcic, 2012)**

1.2.2. Detergentes.

Un detergente está formado por uno o varios tensoactivos y una serie de componentes que complementan la acción de los primeros, tales como aditivos, coadyuvantes y auxiliares de presentación. El resultado es un producto que además de producir una limpieza eficiente, ejerce un efecto de protección sobre las superficies a las cuales se aplica, proporcionando al objeto lavado una serie de características deseadas en cuanto a color, olor, entre otros. **(Altmajer, 2004)**

Los detergentes sintéticos tienen propiedades limpiadoras y no forman fácilmente sales insolubles con metales, tales como el calcio y magnesio. Las características surfactantes de los detergentes se deben principalmente a su estructura anfifílica. Esto significa que tienen una cabeza polar o un grupo iónico, por lo general grupos sulfonatos, con muy buena afinidad por el agua, y tienen otra parte formada por una cadena hidrocarbonada insoluble en agua (no polar). Los Sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS) son los más importantes tensoactivos o surfactantes sintéticos empleados en los detergentes domésticos. **(Visitación, 2004)**

a. Agentes Tensoactivos o Surfactantes

Son moléculas orgánicas grandes ligeramente solubles en agua y con la capacidad de formar espuma en la superficie del agua donde se realice la descarga que los contenga. Los detergentes sintéticos generalmente tensoactivos típicos como el alquilbencen sulfonato (ABS), ocasionan problemas por su alta resistencia a la degradación biológica. se ha sustituido estos tensoactivos por sulfonatos de alquilo lineales. **(Ramos, 2003)**

Desde el punto de vista estético, no es deseable la formación de espumas en los ríos. A su vez, la toxicidad de los tensoactivos representa un serio peligro a la flora y fauna acuáticas; aun cuando estas aguas no sean utilizadas para riego, pueden contaminar el suelo y por consiguiente afectar los cultivos. Otro problema que resulta de la formación de espuma en las corrientes de agua es que ésta dificulta la transferencia de oxígeno atmosférico al agua, lo cual también afecta las unidades de aireación de las plantas de tratamiento. Además, el contenido de fosfatos de los detergentes, junto con otros nutrientes, contribuye a una sobrepoblación de la flora acuática, especialmente algas, las que al morir, por acción degradativa de los

microorganismos, ocasionan una mayor demanda de oxígeno que resulta perjudicial para los peces y para el propio cuerpo de agua (eutrofización). **(Ramos, 2003)**

Los surfactantes son compuestos constituidos por una cadena polar alifática y una parte aromática no polar que se caracteriza por tener propiedades hidrofóbicas. A estas características se debe las propiedades humectantes, dispersantes y emulsificantes de los detergentes. **(Ramos, 2003)**

b. Clasificación de los surfactantes

Surfactantes aniónicos: son sales de sodio que ionizados producen ion Na^+ más una carga negativa, el ion surfactante activo. Los más comunes son el sulfonato de alquilo lineal (LAS) y el sulfonato de alquilo benceno (ABS). Surfactantes catiónicos: son compuestos cuaternarios de hidróxido de amonio, que presentan actividad antimicrobial

Surfactantes no iónicos: los surfactantes no iónicos no son ionizados y actúan sobre las moléculas haciéndolas solubles todo depende de polímeros de óxido de etileno para darles esta propiedad. **(Ramos, 2003)**

c. Sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS)

El LAS presenta un proceso de fabricación a partir de tecnologías petroquímicas ampliamente establecidas. Su comportamiento tensioactivo se debe a su carácter anfipático, es decir, a la diferente solubilidad que poseen las dos partes principales de que consta su molécula: una parte hidrófila que consiste en un grupo sulfónico polar ($-\text{SO}_3$) unido al benceno en posición para respecto a la parte hidrófoba, esta consiste en una cadena alquílica lineal de longitud variable y a la que se une el anillo bencénico en distintas posiciones. **(Leite, 2007)**

La mezcla comercial de LAS contiene una serie de homólogos que difieren en la longitud de la cadena alquílica, siendo los más habituales los comprendidos entre 10 y 13 átomos de carbono y a su vez cada uno de ellos es una mezcla de isómeros surgidos en función de la distinta posición en la que el anillo bencénico está unido a esta cadena lineal. **(Leite, 2007)**

1.2.3. Macrófitas acuáticas.

El término macrófita acuática, se refiere a las formas macroscópicas de vegetación acuática y comprende las macro algas, las escasas especies de pteridofitos y las verdaderas angiospermas. **(Wetzel, 1981)**

Estas especies tienen distintos modos de vida: algunas crecen enraizadas en los sustratos lodosos de las orillas de ríos y lagos, otras flotan libremente sobre el agua con las raíces bajo el agua y otras permanecen completamente sumergidas. **(Valderrama, 1997)**

A muchas de estas especies de macrófitas se les ha evaluado con el fin de determinar su eventual eficiencia en el tratamiento de aguas residuales (domésticas, industriales, pluviales, etc) una de las más estudiadas hasta el momento es el Jacinto de agua. **(Valderrama, 1997)**

a. Descripción general de las especies estudiadas

Eichornia spp

- Clasificación taxonómica: La macrófita se encuentra dentro de la siguiente clasificación (Jaramillo y Flores, 2012):

Reino : *Plantae*
 División : *Magnoliophyta*
 Clase : *Liliopsida*
 Orden : *Pontederiales*
 Familia : *Pontederiaceae*
 Género : *Eichornia*

- Descripción de la especie

El “Jacinto de agua” es una planta acuática perenne, vascular de flotación libre (Jaramillo y Flores, 2012). Se han distribuido prácticamente por todo el mundo, ya que su aspecto ornamental originó su exportación a estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos, es una especie flotante de raíces sumergidas. **(Poveda, 2014)**

- Características morfológicas:

Carece de tallo aparente, provisto de un rizoma, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, las hojas son entre obovadas y redondeadas, están provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación. En verano produce espigas de flores lilas y azuladas. Las raíces son muy características, negras con las extremidades blancas cuando son jóvenes, negro violáceo cuando son adultas. **(Poveda, 2014)**

- Condiciones del Hábitat:

Según **Jaramillo y Flores (2012)**, Para que esta especie se desarrolle de manera favorable necesita de las siguientes condiciones

Iluminación: Intensa o estar en semi sombra

Temperatura: Para un crecimiento óptimo la temperatura debe estar entre 25° y 30°C, hay que protegerla de las heladas.

pH: necesita un pH que se sitúe entre 6,5 y 7,5.

Es una planta de flotación libre, habita en ríos, estanques, lagunas y presas, no resiste el medio salino **(Ávila & Zarete, 2000)**:

- Usos

El “Jacinto de agua” es eficaz extrayendo nutrientes del agua y al multiplicarse absorbe los nutrientes sobrantes no deseados, y emite oxígeno que restaura la pureza del agua. como un excelente indicador biológico cuando se seca (debido a la falta de fotosíntesis al no captar el oxígeno del agua cuando está demasiado contaminada) o presenta una coloración amarillenta por exceso de elementos como el Hidrógeno “Clorosis”. El “Jacinto de agua” actúa como purificador de agua al absorber metales pesados como plomo, mercurio y cadmio. **(Ávila y Zarete, 2000)**

Lemna spp (“Lenteja de agua”)

- Clasificación taxonómica

Reino : Plantae

División : Fanerógamas Magnoliophyta
Clase :Liliopsida
Orden :Alismatales
Familia : Araceae
Género : Lemna

- Descripción de la especie

Lemna spp, es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea. El talo ha sido interpretado de diversas maneras: un tallo modificado, una hoja o como parcialmente tallo y hoja. Otros autores consideran que el talo corresponde a una hoja modificada que cumple las funciones del tallo, la hoja y el eje florífero. Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. **(Arroyave, 2004)**

La “lenteja de agua” es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. **(Arroyave, 2004)**

La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora. Sin embargo, es común encontrar las plantas agregadas formando grupos de 2 a 4 individuos. **(Arroyave, 2004).**

- Características del hábitat

La planta puede desarrollarse en un rango amplio de temperaturas, que varía entre 5° y 30°C, con un crecimiento óptimo entre los 15° y 18°C. Se adapta bien a cualquier condición de iluminación. Crece rápidamente en partes calmadas y ricas en nutrientes, con altos niveles de nitrógeno y fosfatos. Con frecuencia el hierro es un elemento limitante para su adecuado desarrollo. Pueden además tolerar un rango de pH amplio.

1.2.4. Tratamiento de aguas residuales y fitorremediación.

Las macrófitas acuáticas han sido consideradas por varios autores como una plaga debido a su rápido crecimiento, ya que en ocasiones llegan a invadir lagunas, represas, canales de riego y generan varios problemas, al interrumpir el flujo del agua, propiciar eutrofización y crear ambientes para la crianza de vectores de enfermedades. (Arroyave, 2004)

Sin embargo, si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de contaminantes del agua las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales. Además, con base en los estudios de remoción de compuestos tóxicos por plantas acuáticas, se pueden considerar estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos como industriales. (Arroyave, 2004)

Las características que deben contar las plantas acuáticas usadas para el tratamiento de las aguas residuales son las siguientes: alta productividad, alta eficiencia de remoción de nutrientes y contaminantes, alta predominancia en condiciones naturales adversas y fácil cosecha. *Lemna spp* cumple con todas estas características y gracias a esto ha sido empleada en sistemas de descontaminación de aguas. (Arroyave, 2004)

1.2.5. Humedales artificiales.

Los humedales artificiales son sistemas de Fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente. El tratamiento de aguas residuales para depuración se lo realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución. (Fernández, 2004)

Estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química. (Cooper, 1996)

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización. (Stearman, 2003)

a. Ventajas de los humedales artificiales:

Eficientes en remover contaminantes, inclusive metales pesados

Son económicos que otros tipos de tratamiento, no utiliza productos químicos

No necesita de energía no renovable y suministro

Se practica el reciclaje y reutilización del agua

Presenta un impacto positivo paisajístico por la vegetación. **(Cantoral, 2015)**

1.3. Definición de términos básicos

- Aguas grises: Son aguas residuales domésticas procedentes de lavados, bañeras, duchas, lavadoras, quedando excluidas las de lavaplatos, fregaderos e inodoros. **(Galán, 2010)**
- Aguas Residuales: Son aquellas aguas que habiendo sido usadas, no sirve para el usuario directo, por contener residuos. Son mezcla de aguas domésticas e industriales. **(Acosta, 2008)**
- Alquilbenceno lineal: componente de los detergentes de lavandería y productos de limpieza, muy empleado por sus propiedades como tensoactivo.
- Detergentes: Sustancia química que tiene la facultad de separar la suciedad de una superficie sin disolverla, dicha facultad viene dada por las propiedades anfipáticas y tensioactivas. **(Caparrós, 2013)**
- Fitorremediación: Consiste en el uso de sistemas verdes para el saneamiento no solo de suelos, sino también de sedimentos y de aguas contaminadas. **(Elías, 2012)**
- Humedal Artificial: Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de

contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos. **(Forrero, 2016)**

- LAS: Surfactante aniónico que se desarrolló como respuesta a los problemas de generación de espuma de los jabones normales **(Elías, 2012)**
- Macrófita: Planta macroscópica, enraizada o flotante, sumergida o emergente. **(Lanza, 1999)**
- Sulfonato: en química orgánica, un sulfonato es un ion que contiene el grupo funcional -SO_3^- . su fórmula general es RSO_3^- .
- Tensoactivo: Sustancias cuyas propiedades fisicoquímicas les permiten reducir la tensión superficial de un líquido incluso reducir las interacciones entre dos líquidos. **(Caparrós, 2013)**

CAPITULO II

MATERIAL Y METODOS

2.1. Tipo de método de la investigación

2.1.1. De acuerdo a la orientación:

Básica

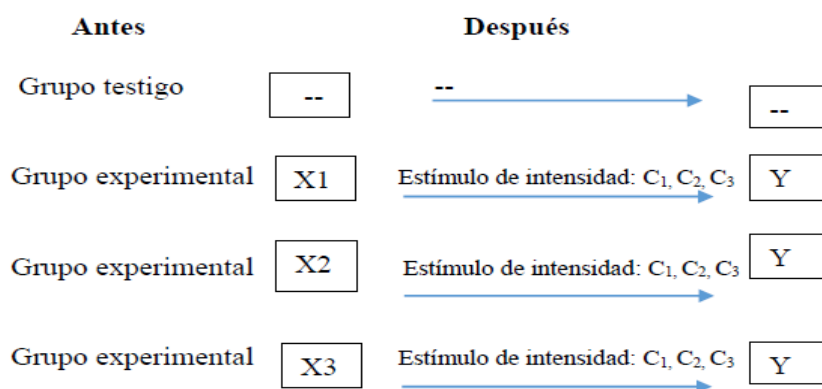
2.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

Explicativa – Experimental

2.2. Diseño de investigación

2.2.1. Diseño experimental-explicativa

Diseño con pre-prueba – post-prueba y grupo control. Es el diseño típico de los estudios experimentales. Requiere dos grupos: uno actúa como grupo experimental y otro como grupo control o testigo. El grupo experimental recibe la influencia de la variable independiente (estímulo) y el grupo testigo, no recibe tal estímulo; si no el normal (estímulo nulo). La medición o evaluación se hace en ambos grupos, antes y después de aplicar el estímulo. Al final, se comparan los resultados previos y posteriores de cada grupo y luego entre grupos para valorar los resultados. (Bocanegra, 1999)



Se utilizó el diseño completo al azar (DCA), donde los tratamientos fueron:

T₀: Grupo Testigo

T₁: Tratamiento con *Lemna spp*

T₂: Tratamiento con *Eichornia spp*

T₃: Tratamiento con *Lemna spp* y *Eichornia spp*

Cuya ecuación es la siguiente: $Y_i = u + \alpha_i + \epsilon_{ij}$ (De Mendiburu, 2005).

Donde

u : es el efecto medio que producen la *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas en la remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal

α_i : es el efecto de los tratamientos

ϵ_{ij} : es el error experimental de la unidad experimental i

Y_{ij} : son las observaciones en las unidades experimentales

Se utilizó el diseño con pre prueba – pos prueba y varios grupos, completamente al azar, todos los tratamientos son asignados. En la investigación se trabajó con cuatro tratamientos T0; T1; T2; T3, asignados al azar, es como sigue:

T0	T2	T1	T3
T2	T3	T0	T1
T1	T0	T3	T2

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Conformada por el volumen aproximado diario de 3 000 L de las aguas residuales domésticas generadas en los domicilios rurales de la urbanización Moyobamba–Moyobamba

2.3.2. Muestra

Está representada por medio 0.5 L de cada humedal.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnicas

- Hidroponía: Instalación de los humedales artificiales.

La instalación del humedal artificial, se llevó a cabo en una vivienda particular puesto que estos humedales son a modo piloto y las aguas residuales fueron trasladadas a dicho lugar. Los 12 humedales fueron construidos de cemento y ladrillo para evitar la filtración de las aguas residuales. La dimensión de los humedales fue 1 metro cuadrado y 25 cm de profundidad. Además a los humedales artificiales se hizo una construcción de techo con plástico transparente blanco para evitar la interferencia de lluvia y aprovechar los rayos solares y se circuló con malla rashel.

- Muestreo al azar: Recolección de muestras de 05 viviendas rurales

En la urbanización los jardines existen 100 viviendas habitadas, y para la selección de las viviendas a recolectar sus aguas con detergentes se hicieron balotas para seleccionar al azar. Las 5 viviendas de las que se recolectaron las aguas lavaron su ropa con detergente Trome, y utilizaron la misma cantidad en el proceso de lavado.

Las aguas que se recolectaron fueron aguas de lavado y enjuague, tal como son vertidas a los cuerpos de agua, así mismo la cantidad de agua recolectada de las 5 viviendas fueron mezcladas para obtener una sola concentración para todos los humedales.

- Recolección directa: Recolección de las macrófitas *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas

Las *Lemna spp* (“Lentejas de agua”) fueron recolectadas de la piscigranja del Instituto Superior Tecnológico Alto Mayo y las *Eichornia spp* (“Jacinto de agua”) fueron recolectadas de la ciudad de Rioja, estas macrófitas se recolectaron con agua propia del lugar para evitar que mueran o marchiten.

- Por trasplante en hidroponía:

Siembra de las macrófitas en los humedales artificiales: Las macrófitas fueron sembradas directamente en los humedales artificiales puesto que estas no están adheridas a un sustrato, pues solo flotan en el agua y se sembraron las siguientes cantidades: un promedio de 100 unidades de *Lemna spp* y 10 unidades de

Eichornia spp en los humedales correspondientes al T3, 200 unidades de *Lemna spp* en los humedales correspondientes al T1, y 15 *Eichornia spp* en los humedales correspondientes al T2. Antes de sembrar las macrofitas estas fueron sometidas a un proceso de adaptación en agua con detergentes en una proporción 3:1 (3 de agua de piscigranja y 1 de agua con detergentes) para luego ser trasladadas a los humedales artificiales.

- Control del crecimiento de macrofitas:

Las macrofitas acuáticas tienden a reproducirse de manera incontrolada, por lo que se realizó la evaluación periódica de estas y eliminación de las que cumplieron su ciclo de vida.

- Método químico: Caracterización de las aguas residuales domésticas contaminadas con detergentes pre tratamiento y post-tratamiento.

La caracterización de las aguas residuales respecto a Sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS) se realizó pre y post tratamiento, es decir cuando se recolectaron las aguas se envió una muestra de estas a la ciudad de Lima para ser analizadas en el laboratorio Baltic Control y determinar la concentración inicial de LAS y la caracterización post tratamiento se realizó a los tres meses después de ser sembradas las macrofitas.

La caracterización de las aguas residuales respecto a Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) se realizó pre y post tratamiento pero dichos parámetros fueron analizados en un laboratorio local de la ciudad de Moyobamba puesto que son parámetros secundarios para la presente investigación.

2.4.2. Instrumentos

- Libreta de campo.
- Cámara Fotográfica.
- Fichas de apunte en campo.
- Wincha

Tabla 1
Parámetros de evaluación y método aplicado

N	Parámetro	Unidades	Método
1	Sulfonato de alquilbenceno lineal	mg/L	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography.
2	Turbidez	UNT	Nefelométrico
3	Sólidos suspendidos	mg/L	Espectrofotométrico
4	DBO ₅	mg/L	Electrodo de membrana

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1, se muestra los parámetros de evaluación de la presente investigación, su método de análisis y sus unidades de dichos parámetros de las aguas residuales domésticas de la urbanización Los Jardines, siendo el parámetro de mayor interés el Sulfonato de alquilbenceno lineal.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

a. Para saber la cantidad de remoción en mg/L de Sulfonato de Alquilbenceno se utilizó una sustracción.

$$SI-SF=CSR$$

Descripción:

- SI: Sulfonato de alquilbenceno inicial
- SF: Sulfonato de alquilbenceno final
- CSR: Cantidad de Sulfonato de alquilbenceno lineal Removido. (*Maza, 1991*)

LAS (Sulfonato de alquilbenceno lineal) inicial es de 8,700 mg/L

Para tener la cantidad de Sulfonato de alquilbenceno lineal removido en porcentajes, se utilizó la ecuación de tres simple, propuesto por (*Vergnaud, 1983*)

$$(CSR \times 100) / SI = PSR$$

Donde:

- SI: Sulfonato de alquilbenceno inicial
- CSR: Cantidad de Sulfonato de alquilbenceno lineal Removido
- PSR: Porcentaje de Sulfonato de alquilbenceno lineal Removido. (*Vergnaud, 1983*)

b. Se utilizaron las medidas de tendencia central y de dispersión

- Promedio aritmético $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$, para sacar la remoción promedio para las pruebas de Duncan.
- Desviación estándar $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$, para ver la variación de remoción respecto al promedio.
- Coeficiente de variación $CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \cdot 100$, para determinar la validez estadística de los datos. (Collazos, 2008)

c. Bajo el DCA se determinó el tratamiento óptimo para lo cual previamente se realizó el análisis de varianza.

d. La decisión respecto a las diferencias significativas se tomó de acuerdo a los siguientes criterios:

Si $F_c > F_t$, entonces existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Si $F_c < F_t$, entonces no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

e. Mediante la prueba significativa de Duncan, con un nivel de confianza del 95% se encontró el tratamiento óptimo. Previamente se encontró las AES (amplitudes estudiantizadas), mediante la siguiente ecuación

$$S_x = \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

CME: Cuadrado medio de error

r: número de repeticiones

Luego se determinaron las Amplitudes del Límite de Significación de Duncan (ALS)

f. El procesamiento de los datos obtenidos en laboratorio se realizó en forma electrónica, haciendo uso del Ms. Excel.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultado 1:

Caracterización de las aguas residuales domésticas respecto a la concentración de Sulfonato de alquilbenceno lineal de detergentes presentes en las aguas residuales domésticas y otros parámetros fisicoquímicos y biológicos.

3.1.1. Caracterización de las aguas residuales domésticas respecto al sulfonato de alquilbenceno lineal

La caracterización de aguas residuales se realizó mediante la toma de muestras de las aguas sin tratamiento y post-tratamiento (cada humedal tenía una capacidad de 50 litros), dichas muestras fueron enviadas a la ciudad de Lima, a continuación se evidencia los resultados obtenidos de la caracterización.

Tabla 2

Caracterización de las aguas domésticas respecto al sulfonato de alquilbenceno lineal

Tratamientos	Pre tratamiento	Post tratamiento (promedio)
Testigo T₀	8,700	4,450
<i>Lemna spp</i> (T ₁)	8,700	0,833
<i>Eichornia spp</i> (T ₂)	8,700	0,690
<i>Lemna spp y Eichornia spp</i> (T ₃)	8,700	0,547

Nota: datos obtenidos del anexo 1 (Laboratorio Baltic Control)

En la tabla 2, se muestra los resultados del análisis pre-tratamiento y post-tratamiento de sulfonato de alquilbenceno lineal mediante el cual: para el tratamiento testigo (T₀)

se tiene 8,700 mg/L como concentración inicial y 4,450 mg/L post-tratamiento; en el tratamiento con *Lemna spp* (T₁) se tiene 8,700 mg/L en el pre-tratamiento y 0.833 mg/L post-tratamiento; en el tratamiento con *Eichornia spp* (T₂) se tiene 8,700 mg/L iniciales y 0,690 mg/L post-tratamiento; en el tratamiento con *Lemna spp* y *Eichornia spp* (T₃) se encontró 8,700 mg/L de sulfonato de alquilbenceno lineal en el pre-tratamiento y 0,547 mg/L de sulfonato de alquilbenceno lineal en el post-tratamiento. Por lo que de todos los tratamientos anteriormente analizados se observa que el tratamiento T₃ (*Lemna spp* y *Eichornia spp*) es el que mayormente contribuye en esta disminución pues estas macrófitas juntas actúan mejor en la remoción de LAS.

3.1.2. Caracterización de las aguas residuales domésticas respecto a Turbidez, Solidos totales en suspensión y DBO.

Tabla 3

Concentraciones de parámetros (Turbidez, Solidos Totales en Suspensión, DBO) pre tratamiento

	Unidades	Concentración
turbidez	UNT	180
Solidos totales en suspensión	mg/L	950
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3800

En la tabla 3, se muestran las concentraciones pre tratamiento de los parámetros: (Turbidez: 180 UNT, Solidos Totales en Suspensión: 950 mg/L; DBO: 3800 mg/L)

Tabla 4

Concentraciones de parámetros (Turbidez, Solidos Totales en Suspensión, DBO) pos tratamiento

T ₀	T ₂	T ₁	T ₃
Turbidez:175,0	Turbidez:48,0	Turbidez:80,0	Turbidez:4,2
SST:900,0	SST:270,0	SST:348,0	SST:95,0
DBO:3782,0	DBO:754,0	DBO:981,0	DBO:75,0
T ₂	T ₃	T ₀	T ₁
Turbidez:51,0	Turbidez:5,0	Turbidez:172,0	Turbidez:82,0
SST:276,0	SST:100,0	SST:896,0	SST:351,0
DBO:757,0	DBO:80,0	DBO:3778,0	DBO:990,0
T ₁	T ₀	T ₃	T ₂
Turbidez:85,0	Turbidez:180,0	Turbidez:9,0	Turbidez:54,0
SST:352,0	SST:950,0	SST:110,0	SST:285,0
DBO:988,0	DBO:2500,0	DBO:87,0	DBO:760,0
promedios			
	Turbidez	Solidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
T₀	175,67	915,33	3353,33
T₁	82,33	350,33	986,33
T₂	51,00	277,0	757,0
T₃	6,07	101,67	80,67

En la tabla 4, se muestran las concentraciones pos tratamiento de los parámetros: (Turbidez, Solidos Totales en Suspensión, DBO) y sus promedios de cada tratamiento.

Tabla 5

Caracterización de las aguas domésticas en el grupo control (T₀) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Sólidos totales en suspensión y DBO)

Parámetros	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	180	950	3800
Post tratamiento (promedios)	175,67	915,33	3353,33

Notadatos obtenidos del anexo 1

En la tabla 5, se muestra los resultados del análisis pre-tratamiento y post-tratamiento de Turbidez, Sólidos totales en suspensión y Demanda Bioquímica de Oxígeno para el grupo control (T₀) mediante el cual: en el parámetro de turbidez se muestra 180 Unidades Nefelometricas de Turbiedad en el pre-tratamiento y 175,67 UNT en el post-tratamiento, en el parámetro Sólidos totales en suspensión se muestra 950 mg/L en el pre-tratamiento y 915,33 mg/L en el post-tratamiento, en el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno se muestra 3800 mg/L en el pre-tratamiento y 3353 mg/L en el post-tratamiento, siendo estos resultados no aptos para la presente investigación.

Tabla 6

*Caracterización de las aguas domésticas al ser tratadas con **Lemna spp** (T₁) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Sólidos totales en suspensión y DBO)*

Parámetros	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	180	950	3800
Post tratamiento(promedios)	82,33	350,33	986,33

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 6, se muestra los resultados del análisis pre-tratamiento y post-tratamiento de Turbidez, Sólidos totales en suspensión y Demanda Bioquímica de

Oxígeno para el grupo control (T₁) mediante el cual: en el parámetro de turbidez se muestra 180 Unidades Nefelométricas de Turbiedad en el pre-tratamiento y 82,33 UNT en el post-tratamiento, en el parámetro Sólidos totales en suspensión se muestra 950 mg/L en el pre-tratamiento y 350,33 mg/L en el post-tratamiento, en el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno se muestra 3800 mg/L en el pre-tratamiento y 986,33 mg/L en el post-tratamiento, observándose que con el T₁ se ha disminuido la concentración de estos parámetros pero aún no son los esperados.

Tabla 7

*Caracterización de las aguas domésticas al ser tratadas con **Eichornia spp** (T₂) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Sólidos totales en suspensión y DBO)*

Parámetros	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	180	950	3800
Post tratamiento (promedios)	51	277	757

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 7, se muestra los resultados del análisis pre-tratamiento y post-tratamiento de Turbidez, Sólidos totales en suspensión y Demanda Bioquímica de Oxígeno para el grupo control (T₂) mediante el cual: en el parámetro de turbidez se muestra 180 Unidades Nefelométricas de Turbiedad en el pre-tratamiento y 51 UNT en el post-tratamiento, en el parámetro Sólidos totales en suspensión se muestra 950 mg/L en el pre-tratamiento y 277 mg/L en el post-tratamiento, en el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno se muestra 3800 mg/L en el pre-tratamiento y 757 mg/L en el post-tratamiento, observándose que con el T₂ se ha disminuido en gran medida la concentración de estos parámetros.

Tabla 8

*Caracterización de las aguas domésticas al ser tratadas con **Lemna spp** y **Eichornia spp** (T₃) para otros parámetros evaluados (Turbidez, Sólidos totales en suspensión y DBO)*

Parámetros	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	180	950	3800
Post tratamiento (promedios)	6,07	101,67	80,67

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 8, se muestra los resultados del análisis pre-tratamiento y post-tratamiento de Turbidez, Sólidos totales en suspensión y Demanda Bioquímica de Oxígeno para el grupo control (T₃) mediante el cual: en el parámetro de turbidez se muestra 180 Unidades Nefelométricas de Turbiedad en el pre-tratamiento y 6,07 UNT en el post-tratamiento, en el parámetro Sólidos totales en suspensión se muestra 950 mg/L en el pre-tratamiento y 101,67 mg/L en el post-tratamiento, en el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno se muestra 3800 mg/L en el pre-tratamiento y 80, 67 mg/L en el post-tratamiento, observándose que con el T₃ se ha disminuido en gran medida la concentración de estos parámetros y pues estos parámetros se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles.

3.2. Resultado 2:

Evaluación de la capacidad de remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal entre *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas separadas y juntas en los humedales artificiales con referencia a los LMP.

3.2.1. Remoción de Sulfonato de alquilbenceno lineal en mg/L y porcentaje

Tabla 9

Cantidad de sulfonato de alquilbenceno lineal removido

Concentraciones post tratamiento de sulfonato de alquilbenceno lineal

	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
	6,70 mg/L	0,75 mg/L	0,65 mg/ L	0,38 mg/L
	3,95mg/L	0,83 mg/L	0,73 mg/L	0,76 mg/L
	2,70 mg/L	0,92 mg/L	0,69 mg/L	0,50 mg/L
Promedio	4,450 mg/L	0,833 mg/L	0,690 mg/L	0,547 mg/L
SI-SF =CSR (concentración removida)				
	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
	2,00 mg/L	7,95 mg/L	8,05 mg/L	8,32 mg/L
	4,75 mg/L	7,87 mg/L	7,97 mg/L	7,94 mg/L
	6,00 mg/L	7,78 mg/L	8,01 mg/L	8,20 mg/L
Promedio	4,25 mg/L	7,867 mg/L	8,02 mg/L	8,153 mg/L

En la tabla 9 se muestra la cantidad de Sulfonato de alquilbenceno lineal removido por los diferentes tratamientos; El tratamiento 3 (*Eichornia spp* y *Lemna spp*) y el tratamiento 2 (*Eichornia spp*) son los tratamientos que más disminuyen la concentración de sulfonato de alquilbenceno lineal con 8,02 mg/L y 8,153 mg/L respectivamente y en promedio de reducción de este tensoactivo aniónico, por su parte el tratamiento 1 (*Lemna spp*) logró remover de 7,867 mg/L Sulfonato de alquilbenceno lineal en promedio también podemos decir que el testigo disminuyó la concentración pero no significativamente, estos resultados se determinaron en un tiempo de 3 meses después de colocadas las aguas residuales en los humedales artificiales.

Tabla 10

Porcentaje de sulfonato de alquilbenceno lineal removido

Cantidad de Sulfonato de alquilbenceno lineal Removido por los 4
tratamientos en porcentaje

Tratamientos				
	T0	T1	T2	T3
	2,00 mg/L	7,95 mg/L	8,05 mg/L	8,32 mg/L
	4,75 mg/L	7,87 mg/L	7,97 mg/L	7,94 mg/L
	6,00 mg/L	7,78 mg/L	8,01 mg/L	8,20 mg/L
promedio	4,25 mg/L	7,867 mg/L	8,02 mg/L	8,153 mg/L
(CSR x 100) / SI= PSR				
Tratamientos				
	T0	T1	T2	T3
	22,989%	91,379%	92,529%	95,632%
	54,598%	90,459%	91,609%	91,260%
	68,966%	89,425%	92,069%	94,253%
promedio	48,851%	90,425%	92,184%	93,715%

En esta tabla 10 se muestra los respectivos porcentajes obtenidos en cuanto a la remoción del sulfonato de alquilbenceno lineal el cual indica que los tres tratamientos aplicados (T₁, T₂, T₃) son eficientes pero el que mayor eficiencia ha logrado es el tratamiento 3 (*Eichornia spp* y *Lemna spp*) con un 93,715 % en promedio, así mismo el grupo control (T₀) ha removido 48,851% este porcentaje de remoción se debe a la presencia de rayos solares y el crecimiento de algas durante el tiempo de permanencia de las aguas residuales en los humedales siendo no eficiente porque no sobrepasa el 50% de remoción

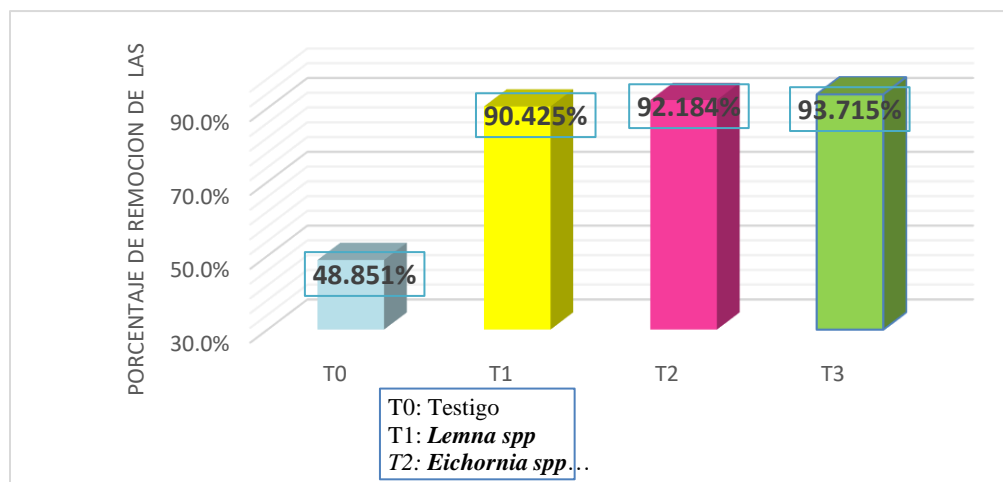


Figura 1: porcentajes obtenidos en laboratorio en cuanto a la remoción del tensoactivo aniónico (LAS) de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas.

Donde se aprecia que el tratamiento testigo (T_0) no es eficiente porque su porcentaje de reducción es menor al 50%, sin embargo el tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 superan el 90% de remoción siendo altamente eficientes, pero de todos el más eficiente es el tratamiento 3, es decir el tratamiento donde se hace uso de las dos especies de macrófitas.

3.2.2. Comparación de los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles

Tabla 11

Comparación de concentraciones con los LMP (T_0)

Parámetros	Sulfonato de Alquilbenceno lineal	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	8,700	180	950	3800
Post tratamiento T_0	4,450	175,67	915,33	3353,33
Límite máximo permisible	0,5	---	150	100

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 11 se evidencia las concentraciones post- tratamiento de los parámetros estudiados y sus comparaciones con los límites máximos permisibles para el grupo control (T_0) donde se puede ver que el Sulfonato de Alquilbenceno lineal tiene 4,450 mg/L y supera los 0,5 mg/L de los LMP, el parámetro de Sólidos totales en suspensión presenta 915,33 mg/L y supera los 150 mg/L de los LMP, así mismo el parámetro Demanda bioquímica de oxígeno presenta 3353,33 mg/L y supera los 100 mg/L de los LMP. Todos los valores de los parámetros representados por el grupo control superan los LMP

Tabla 12

Comparación de concentraciones con los LMP -Lemna spp (T_1)

Parámetros	Sulfonato de Alquilbenceno lineal	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	8,700	180	950	3800
Post tratamiento	0,833	82,33	350,33	986,33
Límite máximo permisible	0,5	---	150	100

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 12 se evidencia las concentraciones post- tratamiento de los parámetros estudiados y sus comparaciones con los límites máximos permisibles para el grupo control (T_1) donde se puede ver que el Sulfonato de alquilbenceno lineal tiene 0,833 mg/L y supera los 0,5 mg/L de los LMP, el parámetro de Sólidos totales en suspensión presenta 350,33 mg/L y supera los 150 mg/L de los LMP, así mismo el parámetro Demanda bioquímica de oxígeno presenta 986,33mg/L y supera los 100 mg/L de los LMP. Todos los valores de los parámetros representados por el tratamiento 1 superan los LMP.

Tabla 13

Comparación de concentraciones con los LMP - Eichornia spp (T₂)

Parámetros	Sulfonato de Alquilbenceno lineal	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	8,700	180	950	3800
Post tratamiento	0,690	51	277	757
Límite máximo permisible	0,5	---	150	100

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 13 se evidencia las concentraciones post- tratamiento de los parámetros estudiados y sus comparaciones con los límites máximos permisibles para el grupo control (T₂) donde se puede ver que el Sulfonato de alquilbenceno lineal tiene 0,690 mg/L y supera los 0,5 mg/L de los LMP, el parámetro de Sólidos totales en suspensión presenta 277 mg/L y supera los 150 mg/L de los LMP, así mismo el parámetro Demanda bioquímica de oxígeno presenta 757 mg/L y supera los 100 mg/L de los LMP. Todos los valores de los parámetros representados por el tratamiento dos superan los LMP

Tabla 14

Comparación de concentraciones con los LMP - Lemna spp y Eichornia spp (T₃)

Parámetros	Sulfonato de Alquilbenceno lineal	Turbidez	Sólidos totales en suspensión	Demanda bioquímica de oxígeno
Pre tratamiento	8,700	180	950	3800
Post tratamiento	0,547	6,07	101,67	80,67
Límite máximo permisible	0,5	---	150	100

Nota: datos obtenidos del anexo 1

En la tabla 14 se evidencia las concentraciones post- tratamiento de los parámetros estudiados y sus comparaciones con los límites máximos permisibles para el grupo control (T_3) donde se puede ver que el Sulfonato de alquilbenceno lineal tiene 0,547 mg/L y es una concentración análoga a los 0,5 mg/L de los LMP, el parámetro de Sólidos totales en suspensión presenta 101,67 mg/L y es una concentración menor a 150 mg/L de los LMP, así mismo el parámetro Demanda bioquímica de oxígeno presenta 986,33mg/L y es una concentración menor a 100 mg/L de los LMP. Todos los valores de los parámetros representados por el tratamiento 3 se encuentran dentro de los LMP

3.2.3. Diferencias significativas entre los tratamientos (análisis de varianza) y Determinación del tratamiento óptimo

Tabla 15

Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto al contenido de sulfonato de alquilbenceno lineal al 5% de significancia

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad.	Cuadrados medios	estadístico F	F crítico
Tratamientos	31,93	3	10,64	10,06**	4,07
Error	8,47	8	1,06		
Total	40,40	11			

Nota: datos obtenidos del anexo 1

CV= 63,13%

Según los resultados post tratamiento obtenidos en laboratorio y que se reflejan en la tabla 15, dado que el estadístico F (10.06) es mayor que el F crítico (4.07), se puede concluir que existe alta diferencia significativa entre los tratamientos respecto a la remoción de sulfonato de alquibenceno lineal presente en aguas residuales domésticas.

Sin embargo, el coeficiente de variación $CV = \frac{\sqrt{1.06}}{1.63} \times 100 = 63,13\%$ es mayor que el 30%, esto se debe a que el promedio del tratamiento testigo (4,45 mg/L) es muy elevado respecto a los demás tratamientos. En este sentido, dado que el tratamiento testigo solo sirve como parámetro de comparación, no afecta al experimento por lo cual se concluye que los resultados estadísticamente son confiables (De Mendiburu, 2005)

Tabla 16

Matriz de diferencias para determinar el tratamiento óptimo respecto a la remoción de sulfonato de alquibenceno lineal, según la prueba de comparación múltiple de Duncan

	T3	T2	T1	T0
	0.55	0.69	0.83	4.45
T3	-	0.14*	0.28*	3.9
0.55				
T2		--	0.14	3.76
0.69				
T1	--	--	--	3.62
0.83				
T0	--	--	--	--
4.45				
ALS (D)		1.92	2.01	2.05

Nota: datos obtenidos del anexo 2 y 3

Según los resultados de la tabla 16, se concluye que los tratamientos uno, tratamiento dos y tratamiento 3 son óptimos (significativos) para la remoción de sulfonato de alquibenceno lineal de los detergentes presentes en las aguas residuales domésticas, pero el más eficiente es el tratamiento tres (*Lemna spp* y *Eichornia spp*) Asimismo, para la construcción de la tabla 16 se utilizaron las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS), las cuales se obtuvieron de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
$S_x = 0.59$			
ALS	1,92	2,01	2,05

AES: Amplitud estudiantizada significativa

ALS: Amplitud del límite de significación

Tabla 17

Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto a la turbidez

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad.	Cuadrados medios	estadístico F	F crítico
Tratamientos	46375,83	3	15458,61	1615,32**	4,07
Error	76,56	8	9,57		
Total	46452,39	11			

Nota: datos obtenidos del anexo 1

CV= 3,93%

Según los resultados post tratamiento obtenidos en laboratorio y que se reflejan en la tabla 17, dado que el estadístico F (1615.32) es mayor que el F crítico (4.07), se puede concluir que existe alta diferencia significativa entre los entre tratamientos respecto al parámetro de turbidez de las aguas residuales domesticas contaminadas con detergentes.

Asimismo, siendo el coeficiente de variación $CV = \frac{\sqrt{9.57}}{78.77} \times 100 = 3,93\%$ menor

que el 30%, se puede concluir que el promedio es la medida representativa en cuanto la remoción de la turbidez de los detergentes presente en las aguas residuales domésticas; es decir, los resultados estadísticamente son confiables (De Mendiburu, 2005)

Tabla 18

Matriz de diferencias para determinar el tratamiento óptimo respecto a la turbidez, según la prueba de comparación múltiple de Duncan

	T3	T2	T1	T0
	6.07	50	82.33	175.67
T3	-	43.93	76.26	169.6
6.07				
T2		--	32.33	125.67
50				
T1	--	--	--	93.34
82.33				
T0	--	--	--	--
175.67				
ALS (D)		5.84	6.08	6.22

Nota: datos obtenidos del anexo2 y anexo 3

Según los resultados de la tabla 18, se concluye que el tratamiento 3 (Tratamiento con *Lemna spp* y *Eichornia spp*), es el óptimo (significativo) para la remoción de la turbidez de los detergentes presente en las aguas residuales domésticas.

Asimismo, para la construcción de la tabla 18 se utilizaron las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS), las cuales se obtuvieron de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,61	3,399	3,475
$S_X=1.79$			
ALS	5,84	6,08	6,22

Tabla 19

Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto a los sólidos totales en suspensión

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad.	Cuadrados medios	estadístico F	F crítico
Tratamientos	1115026,92	3	371675.64	1450,44**	4,07
Error	2050	8	256.25		
Total	1117076,92	11			

Nota: datos obtenidos del anexo 1

$$CV= 3,89\%$$

Según los resultados post tratamiento obtenidos en laboratorio y que se reflejan en la tabla 19, dado que el estadístico F (1450.44) es mayor que el F crítico (4.07), se puede concluir que existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a los sólidos totales en suspensión de las aguas residuales domesticas contaminadas con detergentes.

Asimismo, siendo el coeficiente de variación $CV = \frac{\sqrt{256.25}}{411.08} \times 100 = 3,89\%$

menor que el 30%, se puede concluir que el promedio es la medida representativa

en cuanto a la remoción de los sólidos totales en suspensión de los detergentes presente en las aguas residuales domesticas; es decir, los resultados estadísticamente son confiables (De Mendiburu, 2005)

Tabla 20

Matriz de diferencias para determinar el tratamiento optimo respecto a los sólidos totales en suspensión, según la prueba de comparación múltiple de Duncan

	T3	T2	T1	T0
	101.67	277	350.33	915.33
T3	-	175.33	248.66	813.66
101.67				
T2		--	73.33	638.33
277				
T1	--	--	--	565
350.33				
T0	--	--	--	--
915.33				
ALS (D)		30.13	31.41	32.11

Nota: datos obtenidos del anexo 2 y anexo 3

Según los resultados de la tabla 20, se concluye que el tratamiento tres (Tratamiento con *Lemna spp* y *Eichornia spp*), es el óptimo (significativo) para la remoción de los sólidos totales en suspensión de los detergentes presente en las aguas residuales domesticas

Asimismo, para la construcción de la tabla 20 se utilizaron las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS), las cuales se obtuvieron de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
$S_x = 9.24$			
ALS	30,13	31,41	32,11

Tabla 21

Análisis de varianza para determinar las diferencias significativas entre tratamientos respecto a la demanda bioquímica de oxígeno

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad.	Cuadrados medios	estadístico F	F crítico
Tratamientos	18288176,7	3	6096058,89	44,64**	4,07
Error	1092410	8	136551,25		
Total	19380586,7	11			

Nota: datos obtenidos del anexo 1

$$CV = 63,13\%$$

Según los resultados post tratamiento obtenidos en laboratorio y que se reflejan en la tabla 21, dado que el estadístico F (44.64) es mayor que el F crítico (4.07), se puede concluir que existe diferencia significativa entre los tratamientos respecto a la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales domesticas contaminadas con detergentes.

Asimismo, siendo el coeficiente de variación $CV = \frac{\sqrt{136551.25}}{1294.33} \times 100 = 28,55\%$

menor que el 30%, se puede concluir que el promedio es la medida representativa en cuanto a la remoción de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de los detergentes presente en las aguas residuales domésticas; es decir, los resultados estadísticamente son confiables (De Mendiburu, 2005)

Tabla 22

Matriz de diferencias para determinar el tratamiento óptimo respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, según la prueba de comparación múltiple de Duncan

	T3	T2	T1	T0
	80.67	757	986.33	3353.33
T3	-	676.33*	905.66	3272.66
80.67				
T2		--	229.33	2596.33
757				
T1	--	--	--	2367
986.33				
T0	--	--	--	--
3353.33				
ALS (D)		695.73	725.18	741.39

Nota: datos obtenidos del anexo 2 y anexo 3

Según los resultados de la tabla 22, se concluye que el tratamiento tres (Tratamiento con *Lemna spp* y *Eichornia spp*), es el óptimo (significativo) para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de los detergentes presente en las aguas residuales domésticas. Sin embargo se demuestra que el tratamiento dos (Tratamiento con *Eichornia spp*) también resulta óptimo para la remoción. Asimismo, para la construcción de la tabla 22 se utilizaron las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS), las cuales se obtuvieron de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
S _x			
=213.35			
ALS	695,73	725,18	741,39

3.3. Resultado 3:

Proponer un diseño metodológico para la remoción del Sulfonato de alquilbenceno lineal de las aguas residuales domesticas para la zona rural.

La propuesta de diseño metodológico consta de las siguientes fases:

1. Identificar el punto de descarga de las aguas residuales en las zonas rurales.
2. Instalar humedales artificiales en el punto de descarga con un tamaño proporcional al volumen y caudal del agua de descarga.
3. Colocar macrófitas acuáticas preferentemente las dos especies utilizadas en el presente trabajo de investigación (*Eichornia spp* y *Lemna spp*).
4. Agregar agua de psi granja en una proporción 3 a 1 al agua residual (ya que esta confiere nutrientes a las macrófitas).
5. Realizar instalaciones para derivar las aguas tratadas para el regadío de áreas verdes. (ver anexo 04)

3.4. Discusión de resultados

- En cuanto a la caracterización de las aguas residuales de la urbanización los jardines los resultados obtenidos fueron altos para la concentración de sulfonato de alquilbenceno lineal, ya que se encontró 8,700 mg/L en cada humedal de estudio, esta concentración es muy elevada a comparación de los resultados obtenidos por (Visitación, 2004) en su estudio Al evaluar cualitativamente la presencia de detergentes observó la formación de espumas en algunas partes del canal de salida de la PTAR de Carapongo, que luego al evaluar en forma cuantitativa se determinó que la concentración de LAS en el efluente fue de 0,6 mg/L, también, se debe considerar que el caudal de salida es de 520 L/s lo que da una entrega al río Rímac de aproximadamente 1,1 kg/h de LAS.
- En los resultados de esta investigación se muestra que la remoción de sulfonato de alquilbenceno lineal y otros parámetros fisicoquímicos (turbidez, sólidos suspendidos totales y DBO) está en función del crecimiento de la plantas y la combinación de ellas ya que el mayor porcentaje de remoción se evidencia en los humedales que contienen ambas especies (*Lemna spp* y *Eichornia spp*) logrando superar el 90% de eficiencia.

Baltodano (2013) en la adsorción del Dodecil benceno sulfonato de sodio lineal, se determinó que en los dos tiempos de contacto estipulados, el carbón activado presentó una gran adsorción ante los dos tipos de concentraciones, el porcentaje de remoción con respecto a los tiempos versus concentración osciló entre el 60% y 99%, presente en la muestra. Mediante el porcentaje de remoción se determinó que el CA DARCO (capacidad adsorptiva de carbón activado) posee una alta capacidad adsorptiva ante sustancias surfactantes como el SDBS, siendo un buen adsorbente para eliminar estas sustancias. Para el tratamiento de efluentes de aguas residuales domésticas, las plantas acuáticas son una muy buena alternativa para la remoción de contaminantes orgánicos como los sulfonatos de alquilbenceno lineal, los cuales son componentes de los detergentes usados en las actividades domésticas.

- Branner (1999) investigó la capacidad de una comunidad microbiana para degradar sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS) en columnas de suelo en condiciones saturadas de agua. El LAS (4 mg / L) añadió continuamente a las columnas, la degradación primaria de LAS fue cercana al 100% en las columnas, mientras que la mineralización del compuesto marcado con ^{14}C alcanzó solo el 9%. Los productos de degradación de LAS demostraron ser significativamente menos sorbtivos que el propio LAS. En el experimento por lotes, la mineralización de LAS ocurrió en suelo no expuesto después de una fase corta de retraso. La mineralización demostró ser más dependiente de una alta representación de biomasa que en la exposición previa a LAS.
- Visitación (2004) observó que al degradar 500 mL de una solución del agente tensoactivo del detergente utilizando sólo la acción del catalizador TiO_2 y la acción de la luz UV se obtuvo una degradación de 37%, que no es muy eficiente y requiere mayor tiempo de exposición, a fin de generar una mayor formación de radicales OH , que permitan oxidar a las moléculas de LAS. Casallas (2008) demostró que luego de realizar el tratamiento, la eficiencia de este en parámetros fisicoquímicos fue superior al 70% en remoción de detergentes.

CONCLUSIONES

- En la etapa de caracterización del agua residual, la concentración pre-tratamiento para todos los tratamientos fue: Sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS) con 8,700 mg/L, Turbidez con 180 UNT, Sólidos Totales con 950 mg/L, y DBO con 3800 mg/L, asimismo las concentraciones post-tratamiento de LAS fueron T₀: 4,450 mg/L, T₁: 0,833 mg/L, T₂: 0,690 mg/L, T₃: 0,547 mg/L; Turbidez T₀: 175,67 UNT, T₁: 82,33 UNT, T₂: 51 UNT, T₃: 6,07 UNT; Sólidos Totales T₀: 915,33 mg/L, T₁: 350,33mg/L, T₂: 277 mg/L, T₃: 101,67 mg/L; y Demanda Bioquímica de Oxígeno T₀: 3353,33 mg/L, T₁: 986,33 mg/L, T₂: 757 mg/L, T₃: 80,67 mg/L.
- *Eichornia spp* y *Lemna spp* poseen características que les facilita la remoción de contaminantes en el agua residual, a los tres meses de evaluación del sulfonato del alquilbenceno lineal el T₀ (tratamiento testigo) presenta un porcentaje de remoción 48,851%, el T₁ (*Lemna spp*) presenta un porcentaje de remoción 90,425%, el T₂ (*Eichornia spp*) presenta un porcentaje de remoción 92,184%, el T₃ (*Lemna spp* y *Eichornia spp*) presenta un porcentaje de remoción 93,715%, Pudiendo demostrar que estos resultados si cumplen con los Límites Máximos Permisibles y el T₃ es el que mayor porcentaje de remoción obtiene.
- El diseño metodológico para la remoción del Sulfonato de alquilbenceno lineal de las aguas residuales domésticas consta de las siguientes fases: Identificar el punto de descarga; instalar humedales artificiales; colocar macrófitas acuáticas preferentemente *Eichornia spp* y *Lemna spp*); agregar agua de piscigranja en una proporción 3 a 1 al agua residual (ya que esta confiere nutrientes a las macrófitas); instalar tuberías que deriven el agua tratada para uso de riego a las áreas verdes.

RECOMENDACIONES

- Formular y decretar Límites Máximos Permisibles (LMP) para parámetros de aguas residuales poco estudiados entre ellas: fragancias, detergentes, aceites de vehículos
- Implementar sistemas tecnológicos con humedales artificiales en las zonas.
- Realizar investigaciones con otras especies de macrófitas para lograr remover estas concentraciones en un tiempo más corto.
- Supervisar constantemente a la vegetación con la finalidad de eliminar las plantas perjudicadas por las altas concentraciones de contaminantes en las aguas residuales y así evitar que saturaciones del humedal .
- En trabajos similares evaluar las relaciones entre las variables temperatura versus concentración y temperatura versus tiempo de retención.
- Realizar otras investigaciones con fines de disminuir otros componentes químicos que contienen los detergentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos*. Córdoba, Argentina: Brujas.
- Altmajer, D. (2004). *Formulaciones Detergentes Biodegradables: Ensayos de lavado* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Arroyave, M. (2004). La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): una planta acuática promisoriosa. *Revista EIA*, (1), 33-38.
- Ávila, J., & Zárete, W. (2000). *Jacinto de agua (Eichornia crassipes), alternativa para el tratamiento de agua dulce en producción acuícola* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Baltodano, C.(2013).*Evaluación de la capacidad adsorbtiva del carbón activado en agentes surfactantes sulfonato de alquilbenceno lineal, presentes en detergentes* (Tesis de pregrado).Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
- Branner, U., Mygind M., Jorgesen C.,(1999) Degradation of linear alkylbenzene sulfonate in soil columns. *Environ.Toxicol.chem.*18; 1772-1778.
- Bocanegra, F. (1999).*Bases metodológicas de la investigación científica*. Trujillo, Perú: Copyright.
- Cantoral, R.(2015). *Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie paraguaitas Cyperus alternifolius en humedales artificiales, urbanización zárate – san juan de Lurigancho 2015* (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Caparrós, F. (2013).*Limpieza y desinfección en industrias químicas*. Málaga, España: IC Editorial.
- Castro M. & Chunga. (1985). *El problema de los detergentes en el reuso de Aguas Residuales Tratadas en Lagunas de Estabilización*. (Tesis de grado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Cooper, P. (1996). El diseño y el funcionamiento de un sistema de tratamiento de lecho de caña de flujo vertical nitrificante. *Ciencia y Tecnología del Agua*, 35 (5), 215-221.
- Collazos,H; Granados, J.(2008). Bioestadística y diseño experimental para ciencias agrarias. sin publicar. Unad.

- Cubillos, A. (1978). Parámetros y características de las aguas residuales. Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado—DTIAPA-División de Protección de la salud ambiental. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente—CEPIS-. Lima, Perú.
- De Mendiburu, F. (2005). Notas sobre el curso: Estadística Aplicada a la FORESTERIA II. Universidad Nacional Agraria.
- Elias, C. (2012). *Diccionario de términos ambientales*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Fernández, J. (2004). *Manual de fitodepuración, Ayuntamiento de Lorca*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Forero Ruiz, A., & Urrego Rojas, C. (2016). *Modelamiento de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales del barrio Fontanar de Suba* (Tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Galán, G. & Prieto, R. (2010). *Normas de gestión de las licencias urbanísticas de actividades*. Ayuntamiento de Madrid, Barcelona: Huygens.
- Jaramillo, M., & Flores, D. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (Lenteja de agua) y *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales de la actividad minera* (Tesis de grado). Universidad politécnica salesiana sede cuenca, Ecuador.
- Lanza, G. (1999). *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. México, D.F: Plaza y Valdés Editores.
- Leite, M. (2007). *Estudio del comportamiento ambiental del Sulfonato de Alquibenceno Lineal en una parcela agrícola de la Vega de Granada* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Maza, C. (1991). Enseñanza de la suma y la resta. Madrid.
- Mendoza, L. (2016). *Fitorremediación acuática con *Myriophyllum aquaticum* para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc-Cajamarca* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Callao, Perú.
- Mihelcic, J. , & Zimmerman, J. B. (2012). *Ingeniería Ambiental*. México: Alfaomega
- Pettersson, A. (2000). Toxicity and detoxification of Swedish detergents and softener products. *Chemosphere*. 1(10):1611-1620.

- Poveda, R. (2014). *Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, España: Reverté.
- Ramos, O. (2003). *El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis*. Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- Rolim, S. (2000). *Sistemas de Lagunas de estabilización, cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío*. Quito, Ecuador: Universidad Javeriana.
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Saavedra, B. (2017). *Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP* (Tesis de grado). Universidad de Piura, Perú.
- Stearman, G. (2003). Pesticide removal from container nursery runoff in constructed wetland cells. *Journal of Environmental Quality*, 32 (2), pp. 1548-1556.
- Tuesta, N. (2014). *Evaluación de las especies **Lemna minor** L(“Lenteja de agua”) y **Eichornia crassipes** M.(“Jacinto de agua”) en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo* (Tesis de grado).Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- Valdevalerrama, L. (1997).Las plantas acuáticas: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en Colombia. *Innovación y ciencia*, 10 (2), 12-13.
- Valera, L, & Suarez, T. (2010). *Determinación del perfil del cliente de la eco bola en la ciudad de Bogotá* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Varó, P. (1996). *Contribución al estudio sobre el comportamiento ambiental y degradación de jabones* (Tesis para optar al Grado de Doctor en Ingeniería Química). Universidad de Alicante España, Universidad de Alicante.
- Vergnaud, G. (1983). *Adquisición de conceptos y procesos matemáticos*. Madrid
- Visitación, L. (2004).*Degradación fotocatalítica de detergentes en efluentes domésticos* (Tesis para optar el grado de magister). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona, España: Ed. Omega.

Yepez, C.(2011). Remoción de detergentes de aguas residuales textiles empleando hongos seleccionados obtenidos a partir de efluentes de industria textil y evaluación de su tolerancia a metales pesados a nivel de laboratorio (tesis de grado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 01: Resultados obtenidos en laboratorio sobre Sulfonato de alquilbenceno lineal



Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control S.A.
Avenida General Bolognesi 201208
Lima - Perú
Phone: +51 (0)11 450 2224

BC0940-17-GC



Lima, 09 de Enero del 2018

Señores
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
JR. MAYNAS NRO. 179 SAN MARTIN
SAN MARTÍN

Atención : **Tania Herrera**

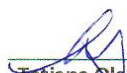
De nuestra consideración:

Es grato dirigirse la presente para saludarle cordialmente y adjuntar los siguientes documentos:

- **INFORME DE ENSAYO N° 4381/2017.A**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresar los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,



Tatiana Olano Huamán
Atención al cliente

Adj.: Lo indicado.



Caring about quality
Baltic Control[®]

Baltic Control CMA S.A.

INFORME DE ENSAYO N°4381/2017.A

Razón Social: María Tania Herrera Pedraza

RUC: 48591206

Dirección: Jr. Cajamarca 179 Moyobamba - Moyobamba - Peru

CMA: CMA1937/2017

Muestra Id: 25052 - N° Muestra: 4381/2017 - Agua residual / Tres (03) unidades de 500mL aprox.

Fecha de Emisión: 05/09/2017

Fecha Recepción: 11/08/2017

Presentación: Frasco de vidrio

Condición de la muestra: Temperatura ambiente

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 11/08/2017

Resultados Analíticos

Análisis		
Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	8.700

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) -	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A
 Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 Los resultados corresponden al objeto ensayado.

FR-13-07-01 / V03

Pag. 1/2

Global independent inspection,
 testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
 Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full on our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°4381/2017.A



**Blgo. Mglo. Sonia E. Tandaipan
Gonzales**
Gerente de Laboratorio
C.B.P. 9097

Clave de Validación: d892040aa8664e7a81f073df69763d57



Caring about quality
Baltic Control[®]
Baltic Control CMA S.A.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Los resultados corresponden al objeto ensayado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V03

Pag.2/2

Global Independent Inspection
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





Global independent inspection,
testing and certification services



Baltic Control CMA S.A.
Baltic Control CMA S.A. - Calle Comercio 201 - San Juan
Lima - Perú

Phone: +51 (0)11 470 2223

BC0940-17-GC

Lima, 18 de Diciembre del 2017

Señores
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
JR. MAYNAS NRO. 179 SAN MARTIN
SAN MARTÍN

Atención :

Tania Herrera

De nuestra consideración:

Es grato dirigirle la presente para saludarle cordialmente y adjuntar los siguientes documentos:

- INFORME DE ENSAYO N° 7389/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7390/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7391/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7392/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7393/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7394/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7395/2017.A
- INFORME DE ENSAYO N° 7396/2017.A

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresar los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,

Tatiana Olano Huamán
Atención al cliente

Adj.: Lo indicado.



INFORME DE ENSAYO N°7389/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28693 - N° Muestra: 7389/2017 - Agua residual T0-B2 / Una (01) unidad de 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017



Resultados Analíticos

Análisis

Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	3,95

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Los resultados corresponden al objeto ensayado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

Global inspection, testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.

Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7389/2017.A



[Signature]
 LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
 QUIMICO
 C.P. 1191
Quim. Luis Alberto Castro Hermoza
 Supervisor de Físico Química
 C.Q.P. 1191

[Signature]
Bigo. Mbig. Sonia E. Tandaipan Gonzales
 Gerente de Laboratorio
 C.B.P. 9097

Clave de Validación: 9535a8b43c6f48259d75592901be9f52



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
 Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Los resultados corresponden al objeto ensayado.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag.2/2

Global Inspection, testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
 Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7390/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28694 - N° Muestra: 7390/2017 - Agua residual T0 - B3 / Una (01) unidad de 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017



Resultados Analíticos

Análisis		
Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	2,70

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Los resultados corresponden al objeto ensayado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.

Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





Caring about quality
Baltic Control[®]

Baltic Control CMA S.A.

INFORME DE ENSAYO N°7390/2017.A



[Signature]
 LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
 QUÍMICO
 Quím. Luis Alberto Castro Hermoza
 Supervisor de Físico Química
 C.Q.P. 1191

[Signature]
 Laboratorio de Ensayos
 Químicos
 Jefe de Laboratorio
 Blgo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan
 Gonzales
 Gerente de Laboratorio
 C.B.P. 9097

Clave de Validación: 4ae161f5eb8042499db7498de7cac27a



Caring about quality
Baltic Control[®]

Baltic Control CMA S.A.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
 Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
 Los resultados corresponden al objeto ensayado.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 2/2

Global independent inspection,
 testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
 Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7392/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28696 - N° Muestra: 7392/2017 - Agua residual T1 B3 / Una (01) unidad 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017



Resultados Analíticos

Análisis

Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	0,92

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.

Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





Caring about quality
Baltic Control[®]

Baltic Control CMA S.A.

INFORME DE ENSAYO N°7392/2017.A



Luis Alberto Castro Hermoza
LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
QUÍMICO
CQP. 1191
Quím. Luis Alberto Castro Hermoza
Supervisor de Físico Química
C.Q.P. 1191

Bigo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan Gonzales
Laboratorio de Ensayo
Bigo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan
Gonzales
Gerente de Laboratorio
C.B.P. 9097

Clave de Validación: ae082e18d2b94c788e6382b9219383e8



Caring about quality
Baltic Control[®]

Baltic Control CMA S.A.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 2/2

Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7391/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28695 - N° Muestra: 7391/2017 - Agua residual T1 B1 / Una (01) unidad 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017



Resultados Analíticos

Análisis

Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	0,75

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A. Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.

Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





Caring about quality®
Baltic Control®

Baltic Control CMA S.A.

INFORME DE ENSAYO N°7391/2017.A



Luis Alberto Castro Hermoza
LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
QUÍMICO
C.O.P. 1191

Quím. Luis Alberto Castro Hermoza
Supervisor de Físico Química
C.Q.P. 1191



Bigo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan
Gonzales
Gerente de Laboratorio
C.B.P. 9097

Clave de Validación: 959d2f13f2ae41a6b0be430934e298f3



Caring about quality®
Baltic Control®

Baltic Control CMA S.A.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Los resultados corresponden al objeto ensayado.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag.2/2

Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7394/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28698 - N° Muestra: 7394/2017 - Agua residual T2 B2 / Una (01) unidad 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017



Resultados Analíticos

Análisis		
Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	0,73

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente. Los resultados corresponden al objeto ensayado. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

Global Independent Inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





[Signature]
LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
QUIMICO
Quim. Luis Alberto Castro Hermoza
Supervisor de Físico Química
C.Q.P. 1191

[Signature]
Blgo. Mlgo. Sonia E. Tandaipan
Genzales
Gerente de Laboratorio
C.B.P. 9097

Clave de Validación: ecad3297c78f413891fb624cbc0aa804



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag.2/2

Global independent inspection,
testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7393/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28697 - N° Muestra: 7393/2017 - Agua residual T2 B1 / Una (01) unidad 500 ml	
Fecha de Emisión: 11/12/2017	Fecha Recepción: 20/10/2017
Presentación: Envase de vidrio	
Condición de la muestra: Refrigerada	
Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente	
Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017	



Resultados Analíticos

Análisis		
Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	0,65

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

<p>Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente. Los resultados corresponden al objeto ensayado.</p>

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

INDEPENDENT INSPECTION,
TESTING AND CERTIFICATION SERVICES

Baltic Control CMA S.A.

Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurin - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7393/2017.A



[Signature]
 LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
 QUÍMICO
 Quím. Luis Alberto Castro Hermoza
 Supervisor de Físico Química
 C.Q.P. 1191

[Signature]
 Laboratorio de Ensayo
 Baltic Control
 Jefe de Laboratorio
 Bigo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan
 Gonzales
 Gerente de Laboratorio
 C.B.P. 9097

Clave de Validación: c41386a6c50d4616ac3b6966c54dd8dc



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
 Cualquier omisión o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Los resultados corresponden al objeto ensayado.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag.2/2

Global Independent Inspection,
 testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
 Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7396/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28700 - N° Muestra: 7396/2017 - Agua residual T3 B2 / Una (01) unidad 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017



Resultados Analíticos

Análisis		
Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	0,76

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente. Los resultados corresponden al objeto ensayado. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag.1/2

Global independent inspection, testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





Caring about quality®
Baltic Control®

Baltic Control CMA S.A.

INFORME DE ENSAYO N°7396/2017.A



Luis Alberto Castro Hermoza
 LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
 QUÍMICO
 C.Q.P. 1191

Quim. Luis Alberto Castro Hermoza
 Supervisor de Físico Química
 C.Q.P. 1191

Sonia E. Tandaipan Gonzales
 laboratorio de Ensayo
 Baltic Control
 C.B.P. 9097

Blgo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan
 Gonzales
 Gerente de Laboratorio
 C.B.P. 9097

Clave de Validación: 29b44f3551a241aba42e24d9024e5995



Caring about quality®
Baltic Control®

Baltic Control CMA S.A.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
 Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Los resultados corresponden al objeto ensayado.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 2/2

Global Inspection, inspection,
 testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.

Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7395/2017.A

Razón Social: Universidad Nacional de San Martín

RUC: 20160766191

Dirección: Jr. Maynas Nro. 179 San Martín - San Martín - Peru

CMA: CMA2554/2017

Muestra Id: 28699 - N° Muestra: 7395/2017 - Agua residual T3 B1 / Una (01) unidad 500 ml

Fecha de Emisión: 11/12/2017

Fecha Recepción: 20/10/2017

Presentación: Envase de vidrio

Condición de la muestra: Refrigerada

Procedencia de la muestra: Proporcionada por el Cliente

Fecha de inicio de análisis: 20/10/2017

Resultados Analíticos

Análisis

Análisis	Unidad	Resultado
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS)	ppm	0,38

Métodos de Análisis e Informaciones Complementarias

Método de Análisis	Método de Referencia
Sulfonato de alquilbenceno Lineal (LAS) - Agua	BC-CMA-250 Analysis of Linear Alkylbenzene Sulfonate in Waste Water and Sludge by High Performance Liquid Chromatography

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente. Los resultados corresponden al objeto ensayado. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 1/2

Global independent inspection, testing and certification services

Baltic Control CMA S.A.
Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World





INFORME DE ENSAYO N°7395/2017.A



[Signature]
 LUIS ALBERTO CASTRO HERMOZA
 QUÍMICO

Quím. Luis Alberto Castro Hermoza
 Supervisor de Físico Química
 C.Q.P. 1191

[Signature]

Blgo. Mblgo. Sonia E. Tandaipan
 Gonzales
 Gerente de Laboratorio
 C.B.P. 9097

Clave de Validación: 0e8016b305084b398db01d5a0e34710e



Caring about quality
BC Baltic Control[®]
 Baltic Control CMA S.A.

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ST

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de BALTIC CONTROL CMA S.A.
 Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-07-01 / V04

Pag. 2/2

Global independent inspection,
 testing and certification services

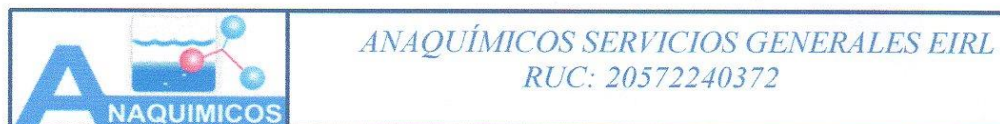
Baltic Control CMA S.A.
 Antigua Carretera Panamericana Sur Km.32.5
 Lurín - Perú

Phone Central: (+511) 660 2323

Our General terms and Conditions are available in full our www.balticcontrol.com or, at your request
 Offices, Residents Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the World



Anexo 02: Resultados obtenidos en Laboratorio sobre: Turbidez, DBO, Solidos Totales en Suspensión



INFORME N°091-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tania Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquibenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Inicial

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:00 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	180.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	950.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3800.0	100

ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140874
 TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°092-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 3 - To (Testigo)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:00 A.M

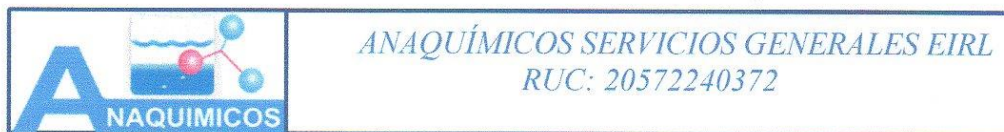
MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	180.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	950.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2500.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°093-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 3 – T2 (Eichornia spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:21 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	54.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	285.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	760.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



INFORME N°094-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 3 - T1 (Lemna spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:32 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	85.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	352.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	988.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez

CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°095-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquibenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 3 – T3 (*Eichornia spp* y *Lemna spp*)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017


HORA TOMA DE MUESTRA : 08:40 A.M

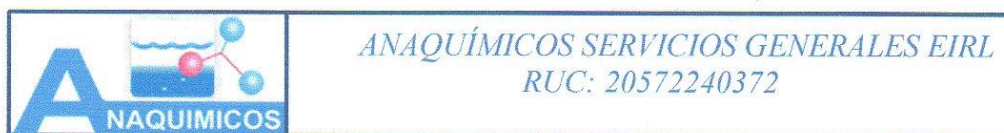
MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	9.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	110.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	87.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°096-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 1 – T1 (Lemna spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:34 A.M

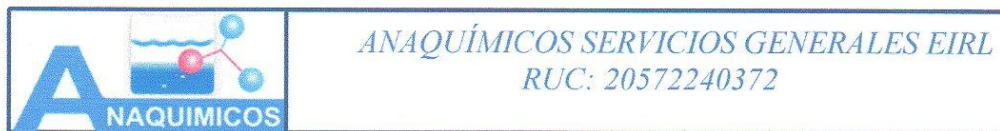
MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	80.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	348.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	981.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°098-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 2 – T3 (Eichornia spp y Lemna spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:46 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

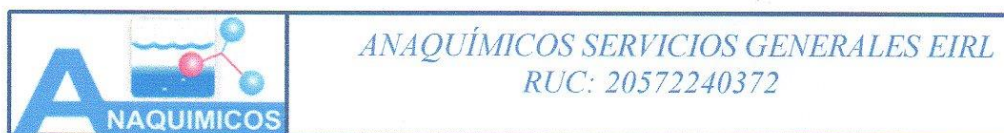
FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	5.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	100.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	80.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Samuel López Chávez

Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.
RUC: 20572240372

INFORME N°099-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 1 – T2 (Eichornia spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:24 A.M

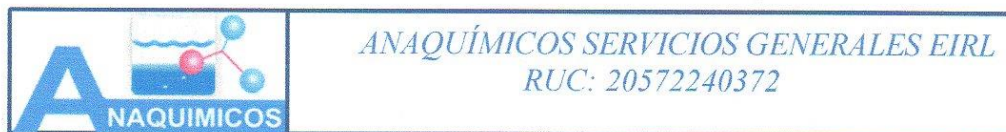
MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	48.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	270.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	754.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140074
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°100-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 2 – T2 (Eichornia spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:25 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	51.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	276.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	757.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL
RUC: 20572240372

INFORME N°101-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquibenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 1 – T3 (Eichornia spp y Lemna spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:49 A.M

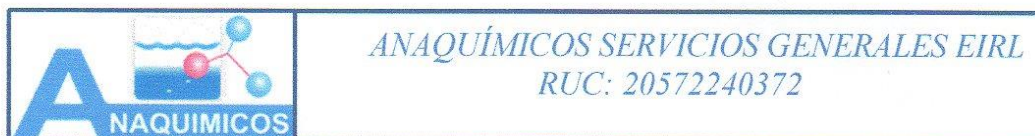
MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	4.2	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	95.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	75.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



INFORME N°102-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de *Eichornia spp* y *Lemna spp* nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 2 – To (Testigo)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:17 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	172.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	896.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3778.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Samuel López Chávez
 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140674
 TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.
RUC: 20572240372

INFORME N°103-B-2017/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : María Tánia Herrera Pedraza

PROYECTO DE TESIS : Eficiencia de Eichornia spp y Lemna spp nativas de humedales artificiales en la remoción de Sulfonato de Alquilbenceno lineal de los detergentes presentes en aguas residuales domésticas, Moyobamba 2017.

TIPO DE MUESTRA : Agua Residual Doméstica Contaminadas con Detergentes

PUNTO DE MUESTREO : Bloque 2 – T1 (Lemna spp)

SECTOR : Urbanización los Jardines

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 18-10-2017

HORA TOMA DE MUESTRA : 08:35 A.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 25-10-2017

PARAMETROS	UNID	Resultados Obtenidos	LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM de fecha 17.03.2010)
Turbiedad	UNT	82.0	-----
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	351.0	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	990.0	100

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE

Anexo 03: amplitudes del límite de significación según Duncan

Para la construcción de la tabla 14, las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS) respecto a la turbidez se obtuvieron de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
$S_x = 1.79$			
ALS	5,84	6,08	6,22

Para la construcción de la tabla 16, las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS) respecto a los sólidos totales en suspensión se obtuvo de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
$S_x = 9.24$			
ALS	30,13	31,41	32,11

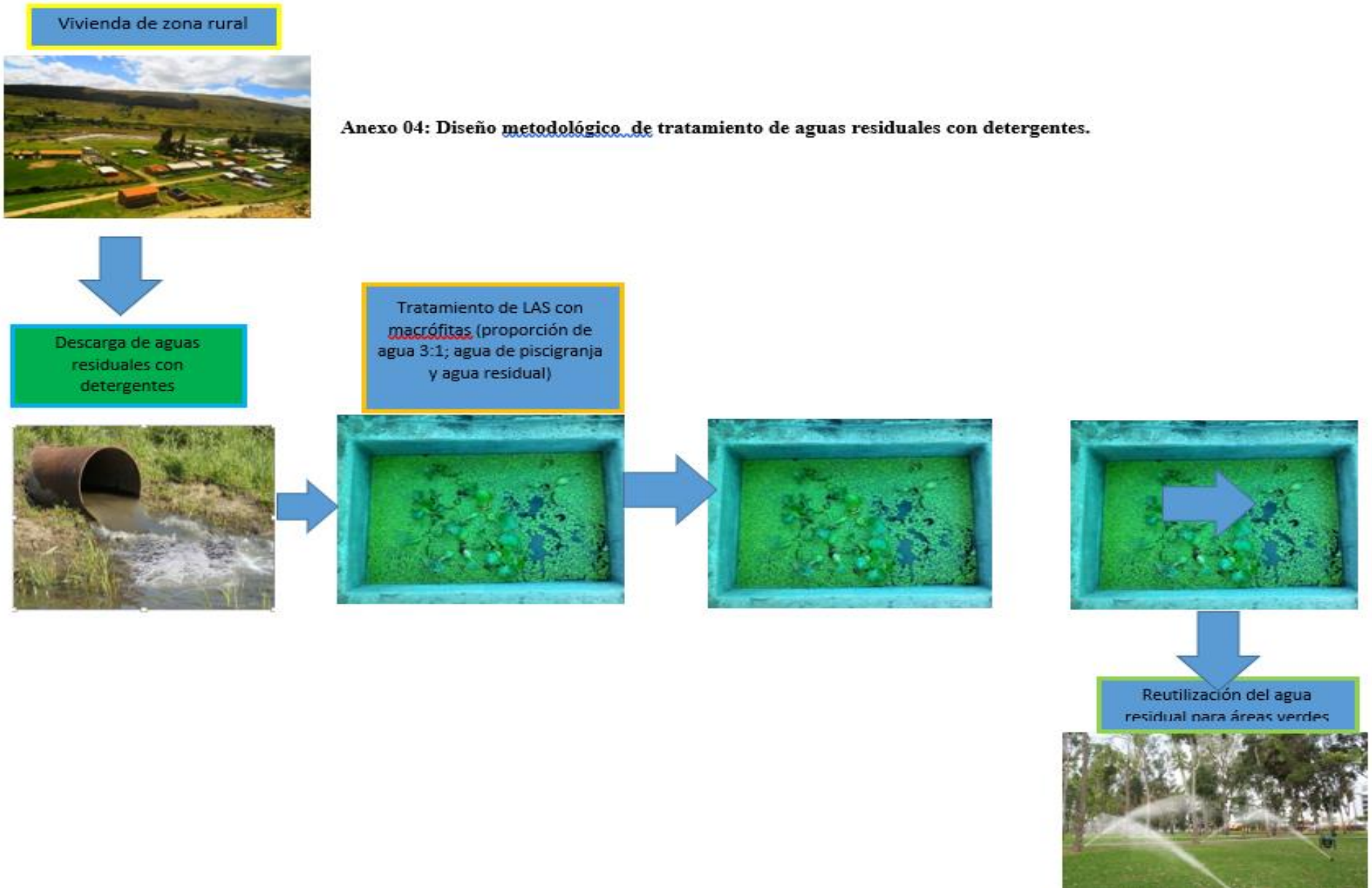
Para la construcción de la tabla 18, las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS) respecto a la demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
$S_x = 213.35$			
ALS	695,73	725,18	741,39

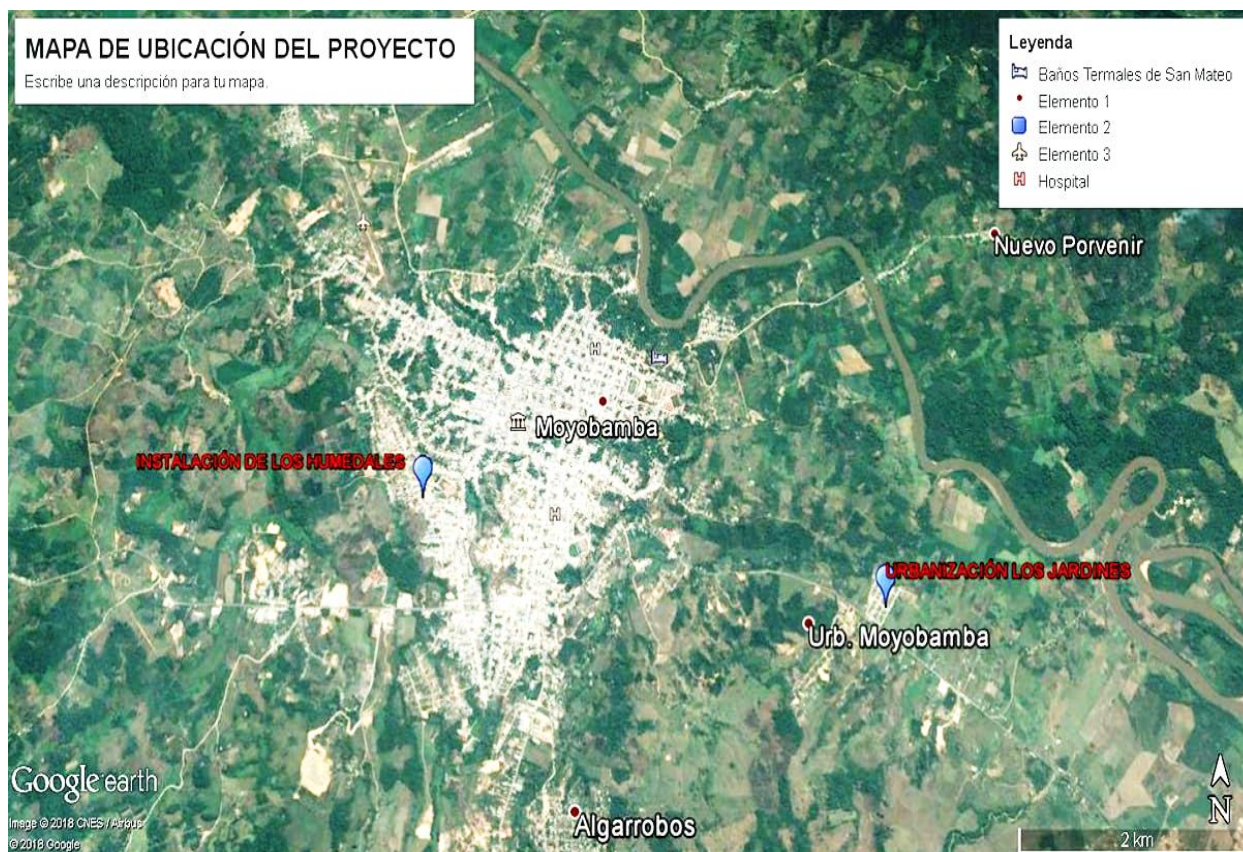
Para la construcción de la tabla 20, las amplitudes del límite de significación según Duncan (ALS) respecto a la remoción de sulfonato de alquibenceno lineal, se obtuvo de la siguiente manera:

P	2	3	4
AES	3,261	3,399	3,475
$S_x = 0.59$			
ALS	1,92	2,01	2,05

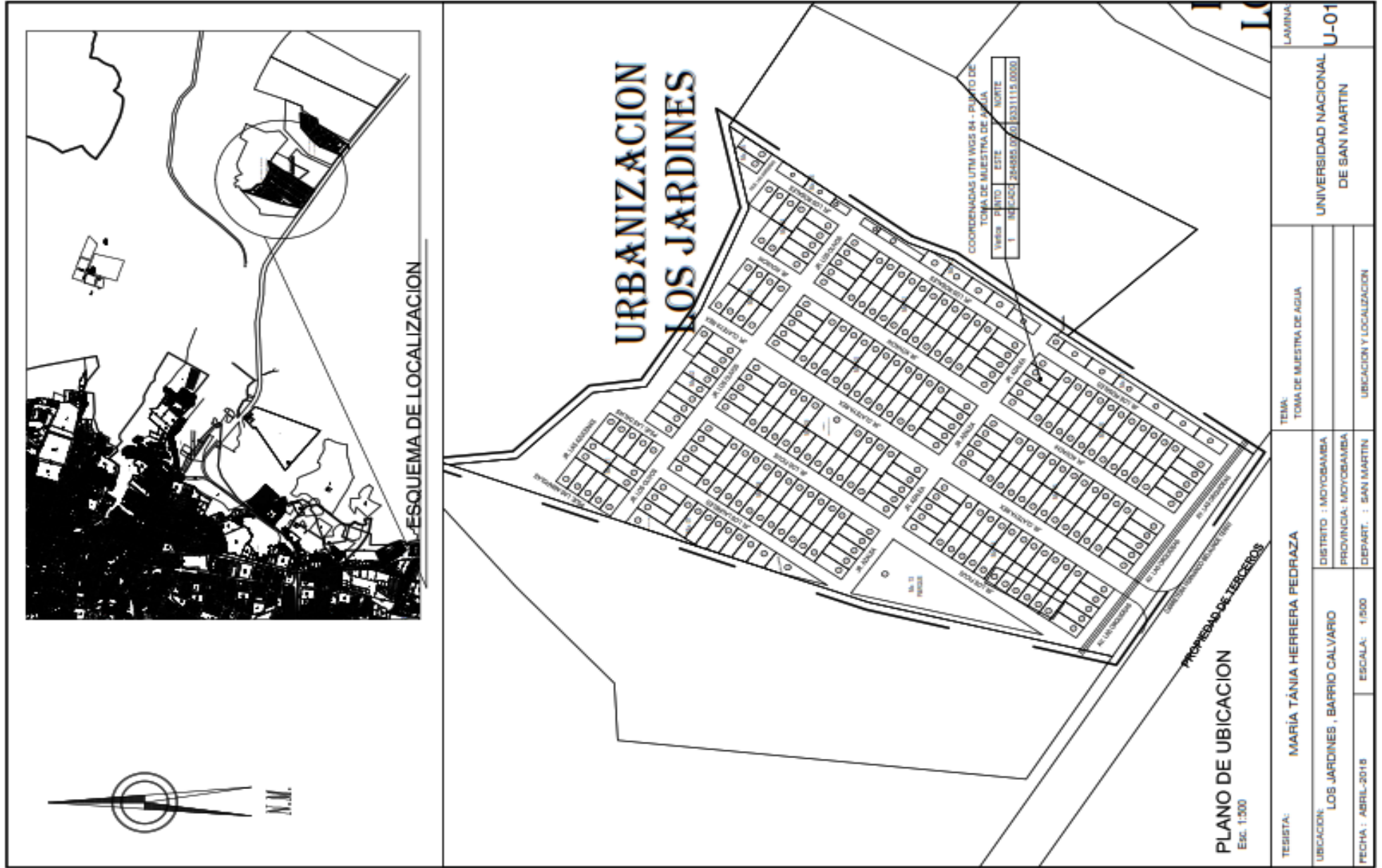
ANEXO 4: PROTOCOLO



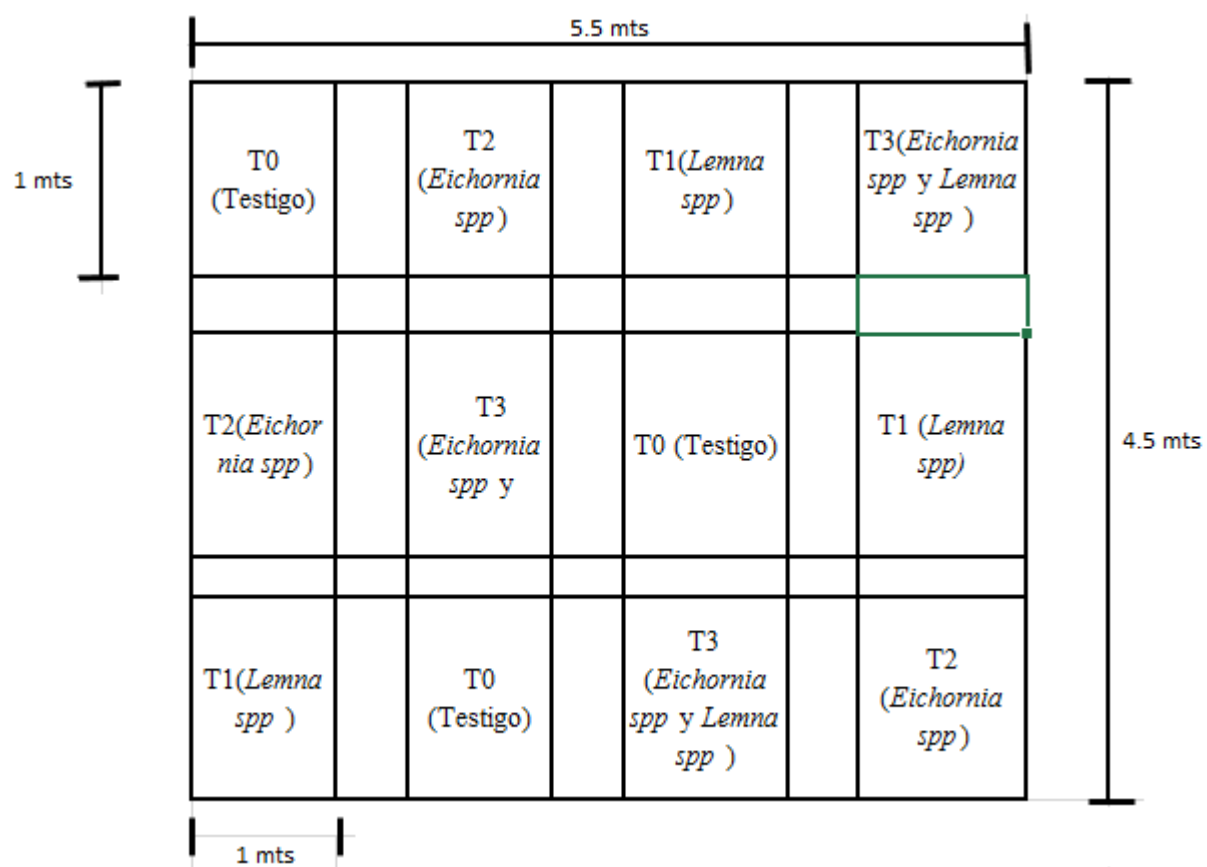
Anexo 05: Plano de localización de la urbanización los jardines y la instalación de los humedales artificiales



Anexo 06: plano de ubicación de recolección de aguas residuales



Anexo 07: croquis del diseño completo al azar con los tratamientos



PANEL FOTOGRÁFICO

Foto N 01: humedales artificiales hechos a base de concreto



Foto N 02: aguas residuales con detergentes



Foto N 03: adaptación de macrófitas (*Lemna spp*)



Foto N 04: recolección de macrófitas (*Eichornia spp*)



Foto N 05: siembra de macrófitas tratamiento 2 (*Eichornia spp*)



Foto N 06: siembra de macrófitas tratamiento 1 (*Lemna sp*)



Foto N 07 y 08: crecimiento y adaptación de macrofitas en tratamiento 3 (*Lemna sp* y *Eichornia spp*)



Foto N 09: crecimiento y adaptación de macrofitas en tratamiento 1 (*Lemna spp*)



Foto N 10: crecimiento y adaptación de macrofitas en tratamiento 2 (*Eichornia spp*)



Foto N 11: construcción de techo con plástico transparente y circulación con malla rashell



Foto N 12: Evaluación de las macrofitas



Foto N 13: humedales artificiales con macrófitas



Foto N 14: toma de muestras post-tratamiento

